

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

POTRAVNÍ DOPLŇKY VE SPORTOVNÍ VÝŽIVĚ A MOŽNOSTI
SLEDOVÁNÍ JEJICH VLIVU NA
VÝKONNOST SPORTOVCE.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

LENKA VLČKOVÁ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ
FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

POTRAVNÍ DOPLŇKY VE SPORTOVNÍ VÝŽIVĚ A MOŽNOSTI SLEDOVÁNÍ JEJICH VLIVU NA VÝKONNOST SPORTOVCE.

DIETARY SUPPLEMENTS IN SPORT NUTRITION AND POSSIBILITIES OF
MONITORING THEIR EFFECT ON EFFICIENCY OF SPORTSMAN.

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LENKA VLČKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Mgr. DANA VRÁNOVÁ, Ph.D.

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání diplomové práce

Číslo diplomové práce

FCH-DIP0187/2007

Akademický rok: **2007/2008**

Ústav

Ústav chemie potravin a biotechnologií

Student(ka)

Vičková Lenka

Studijní program

Chemie a technologie potravin (M2901)

Studijní obor

Potravinářská chemie a biotechnologie (2901T010)

Vedoucí diplomové práce

Mgr. Dana Vránová, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce

Název diplomové práce:

Potravní doplňky ve sportovní výživě a možnosti sledování jejich vlivu na výkonnost sportovce.

Zadání diplomové práce:

1. Literární rešerše na zadané téma a zhodnocení vybraných potravních doplňků pro sportovní výživu.
2. Monitorování účinku vybraného potravního doplňku během tréninkového cyklu.
3. Přehledné zpracování získaných výsledků a jejich souhrnné zhodnocení.

Termín odevzdání diplomové práce: 16.5.2008

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

Lenka Vičková
student(ka)

Mgr. Dana Vránová, Ph.D.
Vedoucí práce

Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.9.2007

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá vlivem příjmu potravních doplňků na zvýšení výkonnosti a růstu svalové hmoty kondičních kulturistů. Ke studii bylo vybráno 25 studentů (kondičních kulturistů), kteří byli rozděleni do čtyř skupin podle přijímané dávky kreatinu a dalších doplňků stravy (proteinů a maltodextrinu). Během studie byly sledovány změny měřených parametrů (tělesná hmotnost; tělesný obvod hrudníku, pasu a končetin; obsah tuků v těle; obsah kreatininu a urey v moči). Na základě získaných výsledků byl zhodnocen vliv testovaných doplňků na růst svalové hmoty sportovců.

ABSTRACT

This work deals with dietary supplements intake and its impact on the performance rise and muscle mass growth of bodybuilders. Twenty-five students (bodybuilders) were chosen for the purpose of this survey; they were divided into four groups according to the dosage of creatine and other dietary supplements (proteins and maltodextrine). Changes of the measured parameters (weight; bustline; weistline; limb girth; body lipid content; creatine and urea content in the urine) were compared during the survey. The tested dietary supplements impact on the muscle mass growth was evaluated on the basis of the acquired results.

KLÍČOVÁ SLOVA

Sportovní výživa, posilovací trénink, proteiny, kreatin, sacharidy, močovina, kreatinin

KEYWORDS

Sport nutrition, Resistance training, Protein, Creatine, Carbonate, Urea, Creatinine

VLČKOVÁ, L. *Potravní doplňky ve sportovní výživě a možnosti sledování jejich vlivu na výkonnost sportovce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 52 s. Vedoucí diplomové práce Mgr. Dana Vránová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis diplomanta

Poděkování:

*Za pomoc a vedení při zpracování této práce
děkuji Mgr. Daně Vránové, Ph.D.*

*Děkuji studentům Vysokého učení technického v
Brně, kteří se zúčastnili studie.*

*Děkuji všem svým blízkým za veškerou podporu
nejen při tvorbě této práce, ale i během celého
mého studia.*

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	CÍL PRÁCE.....	8
3	TEORETICKÁ ČÁST.....	9
3.1	SVALY, JEJICH SLOŽENÍ A BIOCHEMICKÉ PRINCIPY SVALOVÉ ČINNOSTI	9
3.1.1	Složení svalu	9
3.1.2	Svalová kontrakce	10
3.1.3	Mechanismus svalového stahu	12
3.1.4	Uvolňovaná energie při svalové činnosti	12
3.2	ZÁKLADNÍ METABOLICKÉ DRÁHY	13
3.2.1	Metabolizmus sacharidů.....	13
3.2.2	Metabolizmus lipidů.....	14
3.2.3	Metabolizmus aminokyselin	16
3.3	POHYBOVÁ AKTIVITA A SPORT	17
3.3.1	Kulturistika.....	17
3.3.2	Superkompenzace (model biologické adaptace).....	18
3.4	SPORTOVNÍ VÝŽIVA A DOPLŇKY STRAVY	20
3.4.1	Kreatin ve výživě	21
3.4.2	Proteiny ve výživě.....	24
3.4.3	Sacharidy ve výživě	26
3.4.4	Energetický metabolismus	26
3.5	METODY POUŽÍVANÉ KE ZJIŠTĚNÍ STAVU SPORTOVCE	29
3.5.1	Antropologie.....	29
3.5.2	Somatometrie	29
3.5.3	Somatotyp.....	29
3.5.4	Metoda měření tuků	30
3.5.5	Doporučení stravovacího režimu	31
3.5.6	Tréninkový plán	31
3.5.7	Analýza moči.....	31
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	34
4.1	Použité přístroje, pomůcky a potravní doplňky	34
4.2	Výběr jednotlivců vhodných dle kritérií studie.....	34
4.3	Skupiny kondičních kulturistů dle přísunu doplňků stravy.....	34
4.4	Tréninkový plán	34
4.5	Denní strava.....	34
4.6	Antropologické metody.....	35
4.7	Analýza moči.....	37
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	38
5.1	Denní strava.....	38
5.2	Sledování změn tělesných parametrů pomocí antropologických metod.....	38
5.2.1	Tělesná výška	38
5.2.2	Tělesná hmotnost.....	39
5.2.3	Zjištění změn obvodové proporcionality.....	39
5.3	Analýza moči.....	44
6	ZÁVĚR.....	47

7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	48
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	51
9	SEZNAM PŘÍLOH	52

1 ÚVOD

Nalézt orientaci a názor na doplňky výživy sportovců, speciálně kondičních kulturistů, je velice složité. Existuje nepřeberné množství cizojazyčné populární literatury, webových odkazů na různé výrobce sportovních doplňků stravy, ve kterých není snadné nalézt ověřené a prospěšné doplňky stravy pro sportovce. Není neobvyklé najít doporučení výrobce, který zbytečně nadhodnocuje množství doporučené dávky a pro potvrzení své teorie přidá nekonkrétní odkaz: „studie dokázaly,...“ nebo „podle výsledků studií,...“. Tato doporučení mohou zbytečně zatěžovat tělo sportovce, přičemž by k dosažení požadovaného výkonu (zvětšení svalové hmoty) stačil snížený příjem daných produktů. Pro tuto práci bylo shromážděno velké množství literatury, české i cizojazyčné. Problémem ale bylo, že stejné nebo obdobné studie mnohdy došly k rozdílným výsledkům. Pro zhodnocení současného stavu jsem vycházela i ze svých znalostí, které jsem získala absolvováním několika kurzů sportovní výživy a posilování. Na základě všech těchto poznatků byla realizována tato diplomová práce za přispění fakulty chemické při Vysokém učení technickém v Brně a Centra sportovních aktivit při Vysokém učení technickém v Brně.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo testování vhodné dávky potravních doplňků (kreatin, proteiny, sacharidy) a jejich vliv na změnu tělesných proporci sportovců.

Postup při realizaci vytyčeného cílu:

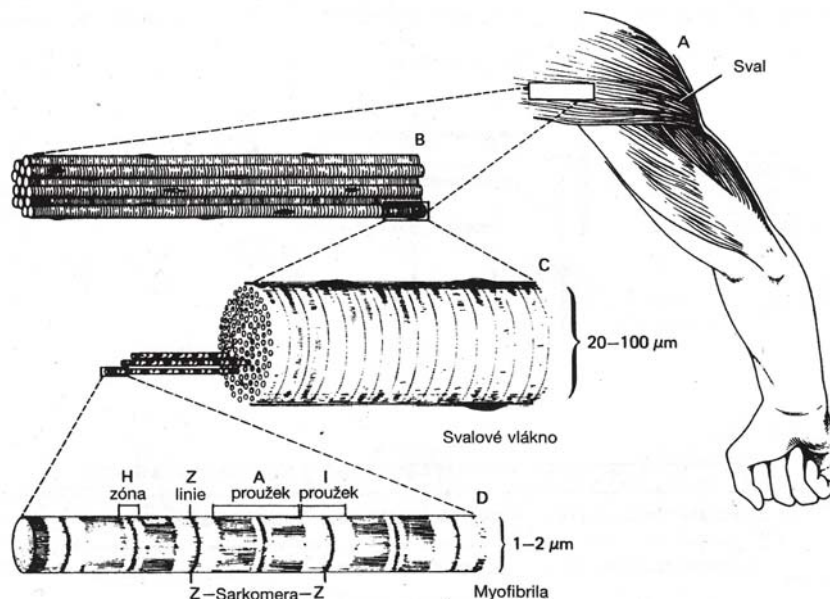
- 1) vypracování literární rešerše na zadané téma a zhodnocení potravních doplňků pro sportovní výživu,
- 2) zjištění optimální dávky kreatinu a proteinů,
- 3) porovnání možných změn před a po studii,
- 4) přehledné zpracování výsledků a jejich souhrnné zhodnocení.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 SVALY, JEJICH SLOŽENÍ A BIOCHEMICKÉ PRINCIPY SVALOVÉ ČINNOSTI

3.1.1 Složení svalu

Jedním ze základních projevů života je pohyb. Za tuto schopnost je odpovědné u vyšších živočichů především svalstvo, a to svalstvo jak příčně pruhované kosterní a srdeční, tak také i hladké. Sval je hlavním biochemickým převaděčem, který přeměňuje potenciální energii na energii kinetickou [1, 32].



Obrázek č. 1: Struktura kosterního svalu [32].

Kosterní sval (viz obrázek č. 3) je tvořen buňkami ve formě mnohobuněčných svalových vláken, pokrytých elektricky drážditelnou membránou – **sarkolemou**. Jednotlivá buňka svalového vlákna, která může probíhat celou délkou svalu, obsahuje svazky paralelně uspořádaných myofibril, obsahujících nitrobuňčnou tekutinu zvanou sarkoplazma. Tekutina obsahuje glykogen, sloučeniny s vysokým obsahem energie – ATP a kreatinfosfát, a glykolytické enzymy. Sarkomery se opakují ve směru podélné osy po úsecích 1500 - 2300 nm. V elektronovém mikroskopu jeví myofibrila tmavé a světlé proužky (proužek A a proužek I). Tlustá filamenta tvoří proužek A, obsahuje převážně myosin. Druhým typem jsou tenká filamenta, ležící v proužku I a zanořující se též do proužků A. Tenká filamenta obsahují proteiny aktin, tropomyosin a troponin [32].

Myosin představuje 35 – 45 % svalových ve vodě špatně rozpustných proteinů. Molekula myosinu obsahuje dva identické polypeptidové řetězce. Komplex se skládá ze dvou neobvykle dlouhých řetězců obsahujících přibližně po 2000 aminokyselinových zbytků. Z větší části mají strukturu α - helixu. Jsou vzájemně stočené, takže tvoří dvojitou šroubovici. V hlavicovitém zhuštění jsou obě vlákna uspořádána nepravidelně. Myosin různých svalů téhož individua má stejnou strukturu a vytváří tlustá myofilamenta. Působíme-li trypsinem na molekulu myosinu, rozštěpí se asi uprostřed ocasní části na dvě poloviny. Část s hlavicovým koncem se označuje jako těžký, druhá část jako lehký meromyosin. Těžký meromyosin

je odpovědný za atlasovou aktivitu myosinu. Obsahuje dvě katalytická místa (v každém vlákně jedno). Myosin je aktivován ionty Ca^{2+} , K^+ , NH_4^+ a deaktivován ionty Mg^{2+} [1].

Aktin je součástí aktinových filament a tvoří až 24 % svalových proteinů. Je ještě méně rozpustný ve vodě než myosin. Molekula aktinu je tvořena jedním polypeptidovým řetězcem, má globulární tvar (G-aktin). Jeho koncovou aminokyselinou je kyselina N-acetylasparagová. Za spotřeby ATP a v přítomnosti Ca^{2+} polymerizuje G-aktin ve fibrilární F-aktin. Na každé G-aktinové podjednotce je vázána 1 molekula ADP na 1 ion Ca^{2+} . F-aktin je tvořen 2 vlákny G-aktinových monomerů stočených do dvojitého šroubovice. Při smíchání aktinu a myosinu se tvoří komplex aktomyosinu [1, 27].

V příčně pruhovaném svalu jsou dva další proteiny, které jsou minoritní z hlediska své hmotnosti, ale důležité z hlediska své funkce. **Tropomyosin** je vláknitá molekula, skládající se ze dvou řetězců, alfa a beta, které se vážou na F-aktin ve žlábkách filamenta. Tropomyosin je přítomen ve všech svalových strukturách. Troponinový komplex je typický pouze pro pruhovaný sval a skládá se ze tří polypeptidů. Troponin T se váže na tropomyosin a rovněž tak na ostatní dvě troponinové komponenty. Troponin I inhibuje F-aktinmyosin a dále se váže na ostatní komponenty troponinu. Troponin C je vápník vázající polypeptid [32].

Myoglobin (červené barvivo svalové) je cytoplazmatický hemoprotein, který dovede strážat kyslík ve svalu a v čas potřeby jej odevzdává. Struktura myoglobinu obsahuje jeden hem postavený kolmo k povrchu molekuly, s vyčnívající částí nesoucí zbytky kyseliny propionové. Proteinovou složkou je jediný polypeptidový řetězec, který je prostorovým uspořádáním podobný jednotlivému řetězci Hb, liší se však zastoupením aminokyselin. Chybí mu úplně cystein. Molekula myoglobinu má většinu polárních skupin aminokyselin na povrchu molekuly. Obdobným způsobem (dvojmočným železem) jako hemoglobin váže reverzibilně kyslík, a to ještě za mnohem nižšího parciálního tlaku než Hb, takže za parciálního tlaku O_2 v žilní krvi je myoglobin nasycen ještě z 95 %. Afinita chromoproteinů železa ke kyslíku je následující: cytochromoxidáza > myoglobin > hemoglobin. V důsledku toho může myoglobin přebírat od Hb kyslík a předávat jej v dostatečné míře cytochromoxidáze i v době, kdy přívod kyslíku hemoglobinem je omezen. Největší množství myoglobinu má sval srdeční, méně svaly příčně pruhované a nejméně svaly hladké [1, 19].

Glykogen hraje důležitou roli při kontrakci svalů. Svalovou činností nebo hladověním ubývá glykogenu, ale sval zadržuje glykogen houževnatěji než játra, zejména za hladovění. Glykogen se většinou nevyskytuje ve svalu za klidu volný, nýbrž vázan na proteiny.

Vedle makromolekul proteinů a glykogenu obsahuje každý sval řadu **láték nízkomolekulárních**. Patří k nim kreatin, glutathion, glukóza, její estery s kyselinou fosforečnou, myoinizitol, kyselina pyrohroznová a kyselina mléčná. Z anorganických látek jsou zde zastoupeny ionty K^+ , Na^+ , Ca^{2+} a Mg^{2+} . Dále svaly obsahují také **svalové enzymy** (enzymy řídící glykolýzu, enzymy Krebsova cyklu a dýchacího řetězce, enzymy účastnící se vlastní svalové kontrakce) [1, 37].

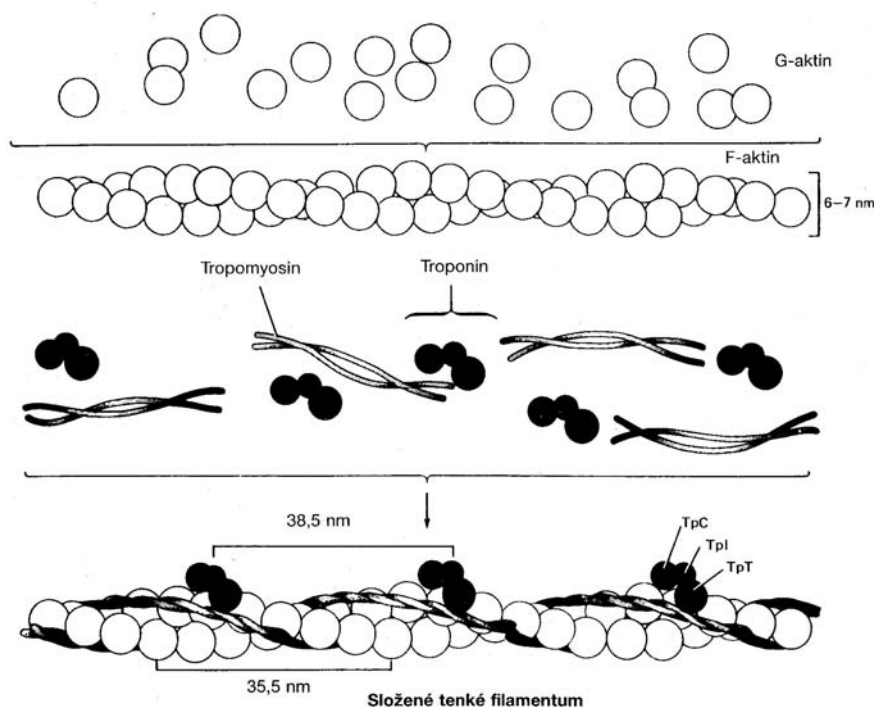
3.1.2 Svalová kontrakce

Podnětem pro svalovou kontrakci je chemický impuls, přecházející z motorického nervu na nervosvalové zakončení. Dochází přímo k depolarizaci buňky, pravděpodobně v důsledku náhlého zvýšení permeability pro ionty Ca^{2+} , Na^+ , K^+ . Ca^{2+} má klíčovou úlohu v regulaci svalové kontrakce. Excitační impuls zastihne sarkoplazmatické retikulum, uvolní se Ca^{2+} do sarkoplazmy, Ca^{2+} specificky stimuluje hydrolýzu ATP myosinem. V relaxovaném svalu může dojít k hydrolýze ATP pro nedostatek Ca^{2+} . Všechny pochody probíhající při kontrakci

svalu jsou reverzibilní, a jestliže se ze systému odstraní Ca^{2+} ionty tzv. vápníkovou pumpou sarkoplazmatického retikula (mechanismem aktivované difúze z místa menší koncentrace na místo vyšší koncentrace Ca^{2+}), pak probíhá relaxace (uvolnění) svalu. Jak již bylo vzpomenuto, „vypumpováním“ iontů Ca^{2+} je zabržděna také činnost ATPázy a aktomyosinový systém nedostává energii pro svalovou kontrakci [1, 32].

Při svalovém stahu se mění chemická energie ATP na mechanickou energii prostřednictvím kontraktilních proteinů, uspořádaných ve svalu ve formě filament (vláknitých polymerů myosinu a aktinu).

Hlavici myosinu tvoří příčné můstky a ty se váží s molekulami aktinu, které jsou součástí aktiniových tenkých myofilament (viz obrázek č. 2). Příčné můstky také tvoří a udržují napětí. Počet myosinofilament a aktinofilament je v myofibrile v poměru 1 : 3. U nekontrahovaného svalu zasahují aktinofilamenta jen částečně mezi myosinofilamenta. Při svalové kontrakci se však aktinofilamenta teleskopicky zasouvají mezi filimenta myosinová. Nakonec I-zóna mizí a Z-zóna se posune až na konec myosinových filament, resp. jejich snopců. Během svalové činnosti se nemění sekundární struktura zúčastněných proteinů a struktura α - helixu tedy zůstává zachována [1, 32].

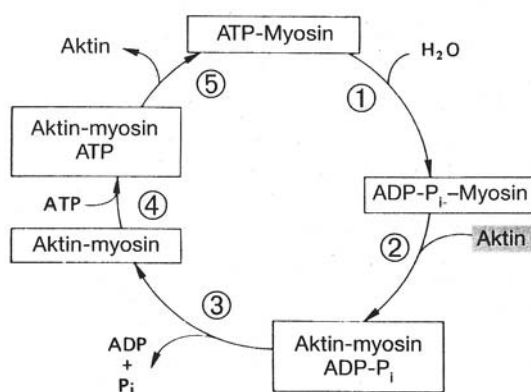


Obrázek č. 2: Schématické znázornění tenkého filamenta, ukazující uspořádání tří hlavních proteinových částí – aktinu, tropomyosinu a troponinu [32].

3.1.3 Mechanismus svalového stahu

Svalová kontrakce spočívá v cyklickém připojování a odpoutávání globulárních hlaviček myosinu na F–aktinovém filamentu. Připojení vede ke změně v aktomyosinové interakci tak, že aktinová a myosinová filamenta kloužou po sobě. Energie je poskytována nepřímo z ATP, který se hydrolyzuje. Hydrolýza ATP myosinovou ATPázou je podstatně urychlena vazbou myosinové hlavičky na F–aktin. Obrázek č. 3 popisuje biochemický cyklus svalové kontrakce, který se sestává z pěti kroků [32]:

1. Myosinová hlavička samotná může hydrolyzovat ATP na ADP a P_i , ale nemůže uvolnit produkty této hydrolýzy. Hydrolýza ATP samotnou hlavičkou myosinu je tudíž spíše stechiometrická než katalytická.
2. Hlavička myosinu obsahující ADP a P_i může volně rotovat v širokých úhlech tak, aby lokalizovala a navázala F-aktin.
3. Tato interakce uvolňuje ADP a P_i aktomyosinového komplexu.
4. Nová molekula ATP se váže na myosin-F-aktinový komplex.
5. Myosin-ATP má nízkou afinitu k aktinu, tudíž myosinová (ATP) hlavička je uvolněna.



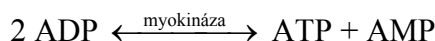
Obrázek č. 3: Hydrolýza ATP řídí cyklické navázání a disociaci aktinu a myosinu v pěti reakcích [32].

3.1.4 Uvolňovaná energie při svalové činnosti

Svaly pro svalovou kontrakci potřebují značné množství energie. Myosin tvoří současně enzymový systém, který štěpí ATP na ADP, popř. až na AMP, a tím se uvolňuje pro vlastní kontrakci. ATP využívaný jako konstantní zdroj energie pro cyklus kontrakce – relaxace ve svalu může být produkován **glykolýzou**, za použití glukózy z krve či svalového glykogenu, **oxidativní fosforylací**, z **kreatinfosfátu**, ze dvou molekul ADP v reakci katalyzované **adenylátkinázou**. Množství ATP v kosterním svalu postačí poskytovat energii pro kontrakci po dobu jedné až dvou sekund, takže se ATP musí neustále obnovovat z jednoho či více výše uvedených zdrojů, v závislosti na metabolických podmínkách [1,32].

Energie uvolněná ve svalu jak anaerobním, tak aerobním dějem je zachycována v podobě makroergických vazeb ATP. Jestliže kosterní sval pracuje za anaerobních podmínek, klesá v něm podstatně množství kreatinfosfátu, kterého je tam v době klidu asi 5krát více než ATP. Kreatinfosfát regeneruje ADP v ATP, přičemž se uvolňuje kreatinin. ATPáza, přítomná v hlavici myosinového filamentu, štěpí při svalové kontrakci ATP v ADP a ten je znovu fosforylován na účet kreatinfosfátu až do vyčerpání jeho makroergických fosfátových vazeb [1].

Celý tento děj se nazývá Lohmannova reakce. Se svalovým proteinem (aktinem a myosinem) nereaguje kreatinfosfát, ale ATP. ATP je prvotním okamžitým zdrojem energie. Kreatinfosfát je ve svalu rezervoárem energie a slouží k regeneraci ATP z ADP ještě v době, než začne ve svalu dodávka energie glykolytickým štěpením cukru. Jestliže se kreatinfosfát úplně vyčerpá vysilující prací, kdy nestačí dodávat energii glykolýza, pentózový cyklus ani cyklus trikarboxylových kyselin, sval se snaží využít i zbylé kyseliny adenosindifosforečné k tvorbě ATP. Enzym myokináza je totiž schopen velmi rychle štěpit druhou pyrofosfátovou vazbu v ADP za současného vytvoření ATP podle rovnice:



Této reakce využívá sval jen ve stavu naprosté vyčerpanosti, poněvadž AMP je pak lehce štěpen na purinovou bázi, která je pro organismus toxická a musí být detoxikována přítomnou deaminázou v kyselinu inosinovou; v takovém případě pak stoupá ve svalu (a nakonec i v moči) hladina amoniaku [1].

Energie uvolněné oxidací využívají především dlouhodobě nebo pomalu pracující kosterní a hladké svaly. Hladké svaly obsahují podstatně větší množství mitochondrií než svalstvo kosterní nebo srdeční a k oxidačnímu získávání energie využívají ve zvýšené míře také tuků.

U pracujícího svalu se vlivem kontrakce omezuje průtok krve a tedy i dodávka kyslíku. Proto musí pracující sval využívat, alespoň zpočátku, kyslíku z oxymyoglobinu. Mnohé svaly (např. srdeční) jsou však uspořádány tak, že i v průběhu kontrakce je možnost dobrého průtoku krve, a tím i dodávky kyslíku. Srdeční i kosterní svalstvo dovede metabolizovat nejen kyselinu mléčnou a pyrohroznovou, ale i acetocetovou, vytvořenou v játrech. Plíce zase metabolizují ve zvýšené míře vytvořenou kyselinu mléčnou.

Glykolýza probíhá po celou dobu, pokud sval vykonává práci. Dokonce u svalu, který nebyl přetížen a kde se nevyčerpaly všechny zásoby glykogenu, probíhá i po vykonané práci jako tzv. „restituční glykolýza“ ve spojení s oxidačními ději a má tak dodat potřebnou energii na regeneraci ATP a hlavně kreatinfosfátu. Je to tedy obrácená Lohmannova reakce, která se snaží zároveň vázat všechny uvolněné anorganický fosfát.

Po kontrakci svalu dochází ve fázi zotavení k resyntéze spotřebovaného ATP a k resyntéze kreatinfosfátu. Potřebná energie je získávána z citrátového cyklu [1].

3.2 ZÁKLADNÍ METABOLICKÉ DRÁHY

Pod pojmem metabolismus se rozumí veškeré chemické změny, které probíhají v organismu, a jejichž účelem je tvorba energie, syntéza nových a obnova starých či pozměněných struktur, růst a reprodukce organismu. Savci včetně člověka potřebují zpracovat vstřebané zplodiny trávení sacharidů, lipidů a proteinů obsažených v potravě. Jsou to tedy především glukóza, mastné kyseliny, glycerol a aminokyseliny. Všechny tyto zplodiny trávení jsou zpracovány ve svých příslušných metabolických drahách na společný metabolický produkt, acetyl-CoA, který je zcela zoxidován v citrátovém cyklu [6, 32].

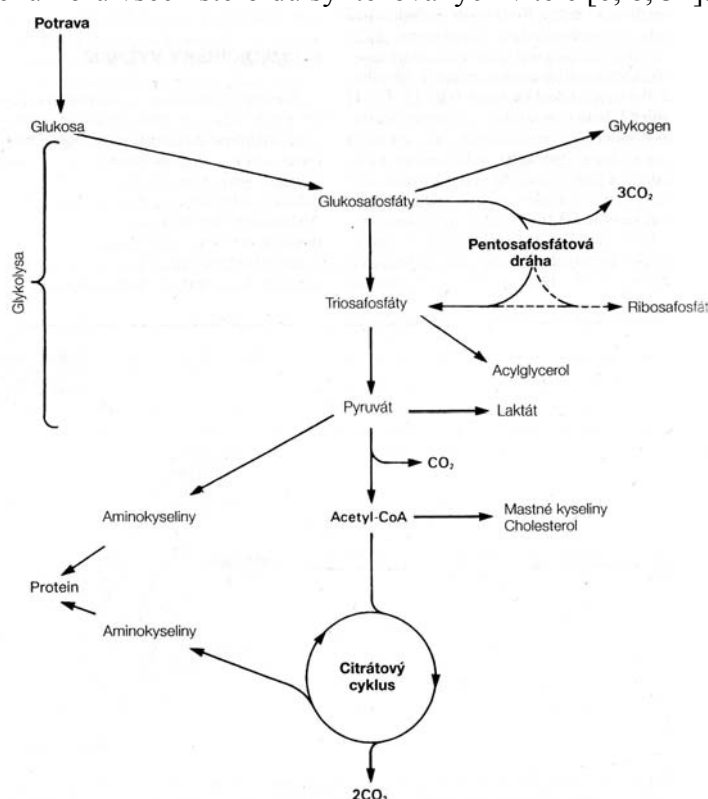
3.2.1 Metabolismus sacharidů

Sacharidy jsou aldehydy nebo ketony polyhydroxyalkoholů. Člení se na monosacharidy (nelze je hydrolyzovat na jednodušší sacharidy), disacharidy (při hydrolýze vznikají dvě molekuly stejných či odlišných monosacharidů), oligosacharidy (hydrolýzou poskytují 3 – 10 molekul monosacharidů). Monosacharidy a disacharidy jsou polární látky dobře rozpustné ve

vodě, polysacharidy jsou ve vodě nerozpustné. Nejrozšířenějším a fyziologicky nejvýznamnějším rozpustným sacharidem je glukóza.

Glukóza ($C_6H_{12}O_6$), nejběžnější monosacharid, hraje klíčovou úlohu v chemii života. Je metabolizována na pyruvát a laktát ve všech savčích buňkách v metabolické dráze označované jako glykolýza. Glukóza je jedinečným substrátem, protože glykolýza může probíhat i v nepřítomnosti kyslíku (anaerobně), a pak je koncovým produktem pouze laktát. Avšak tkáně, které mohou používat kyslík (aerobně), jsou schopny metabolizovat pyruvát na acetyl-CoA, který může vstupovat do citrátového cyklu k úplné oxidaci na CO_2 a H_2O , čímž se zachytí značné množství energie jako ATP v procesu zvaném oxidativní fosforylace. Glukóza je tedy hlavním metabolickým palivem mnoha tkání. Avšak účastní se také jiných pochodů, např.:

1. Konverze na svůj zásobní polymer glykogen, zvláště v kosterním svalu a v játrech.
2. Pentozafosfátové metabolické dráhy, která vzniká z meziproduktů glykolýzy. Je zdrojem redukčních ekvivalentů pro biosyntézu – např. mastných kyselin – a je také zdrojem ribózy, která je významná pro tvorbu nukleotidů a nukleových kyselin.
3. Trióza-fosfáty vedou ke vzniku glycerolu jako součásti acylglycerolů (tuků).
4. Pyruvát a meziprodukty citrátového cyklu poskytují uhlíkové skelety pro syntézu aminokyselin, acetyl-CoA je stavební jednotkou mastných kyselin s dlouhým řetězcem a cholesterolu, prekursoru všech steroidů syntezovaných v těle [6, 8, 32].



Obrázek č. 4: Přehled sacharidového metabolismu znázorňující hlavní metabolické dráhy a jejich koncové produkty [32].

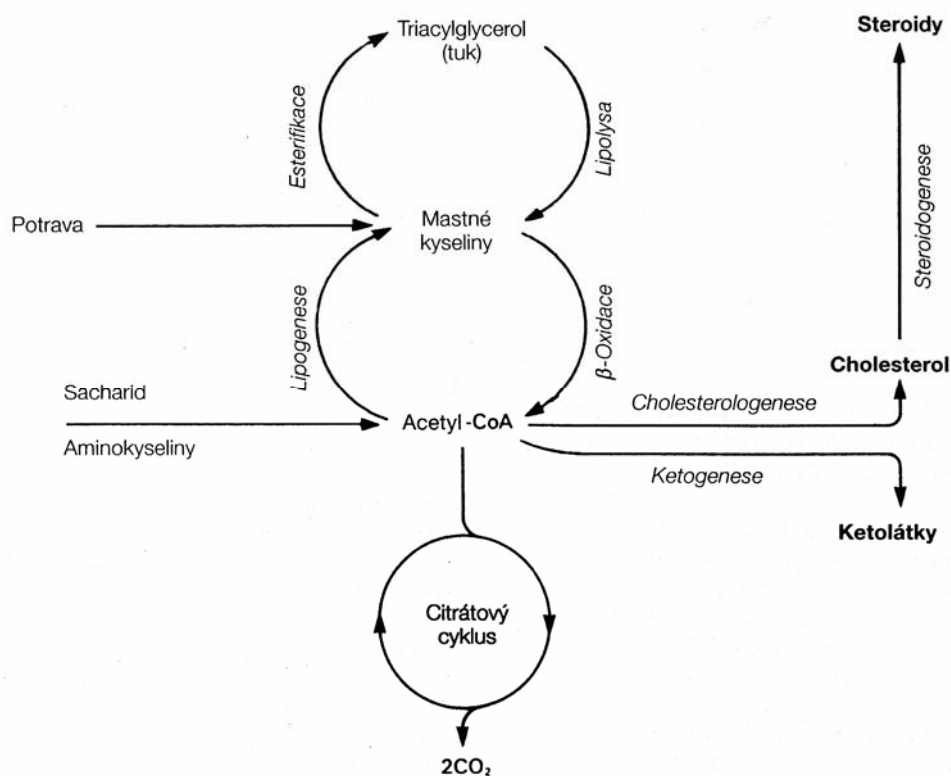
3.2.2 Metabolismus lipidů

Lipidy jsou heterogenní skupina látek, jejichž společnou vlastností je špatná rozpustnost ve vodě. Hydrofobní chování lipidů je založeno na jejich molekulární struktuře. Přestože mohou mít některé polární vazby spojené s kyslíkem, skládají se lipidy většinou z uhlovodíků.

Hlavní fyziologicky významné lipidy jsou: mastné kyseliny, triacylglyceroly, fosfolipidy, cholesterol, a jeho estery. Tyto lipidy jsou základem pro složitější látky, jako jsou lipoproteiny a glykolipidy.

Zdrojem mastných kyselin s dlouhým řetězcem jsou buď lipidy z potravy nebo syntéza z acetyl-CoA vzniklého ze sacharidů. Ve tkáních mohou být mastné kyseliny oxidovány na acetyl-CoA (β -oxidací) nebo esterifikovány na acylglyceroly, přičemž jako triacylglycerol představují hlavní energetickou rezervu. Acetyl-CoA vznikající β -oxidací se významně uplatňuje několika způsoby:

1. Podobně jako v případě acetyl-CoA vzniklého ze sacharidů je úplně oxidován na CO_2 a H_2O cestou citrátového cyklu. Mastné kyseliny poskytují významnou energii jak v β -oxidaci tak v citrátovém cyklu a jsou proto velmi účinným tkáňovým metabolickým palivem.
2. Je zdrojem uhlíkových atomů pro cholesterol a jiné steroidy.
3. V játrech tvoří ketolátky, alternativní ve vodě rozpustné tkáňové palivo, které se stává významným zdrojem energie za jistých okolností (např. při hladovění) [6, 8, 32].

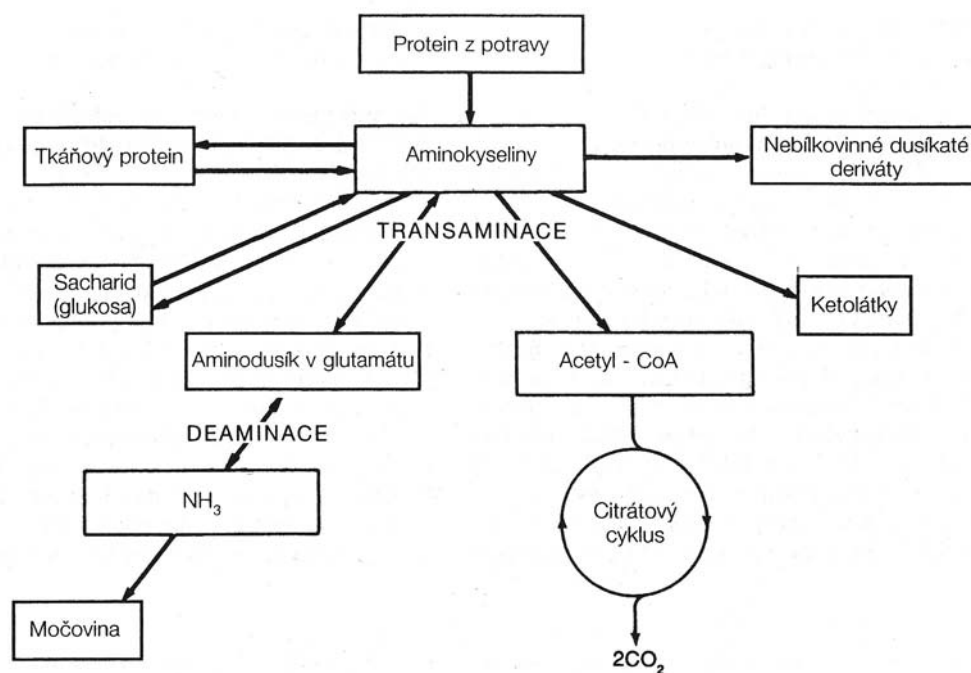


Obrázek č. 5: Přehled metabolismu mastných kyselin znázorňující hlavní metabolické dráhy a jejich koncové produkty. Ketolátky představují acetoacetát, 3 – hydroxybutyrát a aceton [32].

3.2.3 Metabolizmus aminokyselin

Aminokyseliny jsou alifatické nebo aromatické kyseliny obsahující nejméně jednu aminoskupinu. Obecný vzorec biologicky významných aminokyselin lze vyjádřit ve tvaru $R - CHNH_2 - COOH$, kde se nachází asymetrický uhlíkový atom alfa (α). Jeho čtyři různé vazební partneři jsou aminoskupina, karboxylová skupina, vodíkový atom a variabilní skupina symbolizovaná písmenem R. Skupina R, označovaná také jako postranní řetězec, se liší u jednotlivých aminokyselin. Kromě glycinu mají všechny aminokyseliny nejméně jeden asymetrický atom uhlíku a jsou opticky aktivní. Aminokyseliny biologicky významné pro člověka jsou téměř vždy v L-formě. D-formy se vyskytují v rostlinách, bakteriích a vznikají při tepelném zpracování potravy.

Aminokyseliny jsou nezbytné pro syntézu proteinů. Některé musí být dodány specificky v potravě (esenciální aminokyseliny), protože tkáň nemají schopnost je syntetizovat. Ostatní, postradatelné aminokyseliny, jsou rovněž získávány potravou, avšak mohou se také tvořit z meziproduktů metabolismu transaminací a využitím dusíku aminoskupin z jiných aminokyselin, které jsou v nadbytku. Po deaminaci je nadbytek dusíku aminoskupin odstraněn jako močovina. Kromě toho, že jsou aminokyseliny potřebné pro syntézu proteinů, jsou také prekurzory mnoha jiných důležitých sloučenin, např. purinů, pyrimidinů a hormonů, jako je adrenalin a tyroxin [2, 6, 8, 22, 32].



Obrázek č. 6: Přehled metabolismu aminokyselin znázorňující hlavní metabolické dráhy a jejich koncové produkty [32].

3.3 POHYBOVÁ AKTIVITA A SPORT

Dnes již nikdo nepochybuje, že pohyb je významným faktorem, který zásadním způsobem ovlivňuje stav organismu v mnoha směrech. Pohyb je výborný prostředek preventivní péče o zdraví. Pohybová aktivita, je-li prováděna správně a je-li vhodně zvolená, má pozitivní efekt na řadu tělesných funkcí. K těm nejdůležitějším patří [20, 43, 44]:

- zlepšení účinnosti srdečního svalu,
- pozitivní změny ve výměně látkové,
- zvýšení energetického výdeje,
- snížení míry obezity,
- zvýšení pracovní výkonnosti,
- zlepšení odolnosti vůči psychickému stresu,
- ochrana proti stavu úzkosti a depresím,
- potlačení osteoporózy,
- odolnost vůči banálním onemocněním (nachlazení, chřipka apod.).

Nejčastější cíle cvičení jsou:

- udržování zdatnosti,
- posilování,
- formování postavy,
- prevence a odstraňování bolestí páteře,
- společenské kontakty,
- radost z pohybu,
- snížení nadváhy,
- zvýšení sportovní výkonnosti,
- rehabilitace,
- růst svalové hmoty,
- změna kompozice těla,
- příprava na závod, soutěž.

3.3.1 Kulturistika

Podle povahy cvičebních plánů je možné v kulturistice rozlišit tyto disciplíny:

- kondiční kulturistiku,
- sportovní kulturistiku,
- silový trojboj.

Kondiční kulturistika je nezávodní forma kulturistiky, určená pro muže, ženy a mládež, přihlížející k individuálním odlišnostem cvičících a využívající typického kulturistického náčiní (činek, břemen, tahadel apod.), typických kulturistických metod (opakování, série, supersérie apod.) a některých poznatků sportovní kulturistiky. Hlavním cílem kondiční kulturistiky je dosažení pozitivní změny kompozice a tvaru těla při současném působení na upevňování zdraví, na rozvoj síly, na zvyšování celkové kondice, na správné držení těla a rozvíjení morálních a volních vlastností [40] .

Pro kondiční kulturistiku jsou charakteristické tyto pojmy:

a) Tvarování těla

Tvarováním těla je myšleno soubor cvičení obsahující především strečink a posilování.

b) Tonus těla

Tvarování těla je proces, při kterém hraje důležitou roli trvalé svalové napětí neboli tonus. Všechny svaly těla jsou ve stavu „mírného nabuzení“ (dokonce i v klidu, tedy i při spánku), které člověka doprovází celý život. Klidový svalový tonus je projevem připravenosti svalu k činnosti, je důkazem toho, že ve svalu neustále probíhá látková výměna a že svaly jsou setrvale pod dohledem centrální nervové soustavy, tzn. že zde probíhá i výměna informací. Regulace svalového tonu je známa např. z metod psychoregulačních, které vycházejí z poznatku, že snížením nadměrného svalového napětí lze uvolnit napětí psychické. Poněkud jiná situace vzniká při fyzické zátěži (posilování, běh apod.), kdy záměrným zvyšováním svalového napětí dochází k vyplavování endorfinů, vnitřních opiátů, které cvičícímu přinášejí blažený pocit [21].

Cvičením se dají ovlivnit dva faktory: ohebnost (flexibilita) a síla svalu, mající na svalový tonus podstatný vliv. Není důležitý pouze svalový tonus jednotlivých svalů, ale i vzájemný poměr. Svalový tonus drží v aktivním stavu „svalový korzet“ kolem páteře, který hlídá např. správné postavení obratlů tak, aby si člověk při zvedání břemen neublížil. Je-li tonus svalů obklopující klouby rovnoměrně a účelně rozložen, zajišťuje správné držení jednotlivých segmentů a takový pohyb, který kloubu neublíží. Pak se hovoří o svalové rovnováze. Pokud se kolem kloubu objeví „špatná distribuce“ svalového tonu, projeví se to v narušení statiky a dynamiky kloubu, vzniká svalová nerovnováha. Svalový tonus se podílí na správném držení těla, které je při svalové nerovnováze ohroženo.

c) Cvik

Cvik je druh tělesných cvičení, posilovací pohyb. Je pomyslně určen na jednu svalovou skupinu nebo dokonce na jeden sval. Čistá izolace svalů je při cvičení téměř nedosažitelná. Vždy se do jisté míry zapojuje řada svalů stabilizačních, fixačních a neutralizačních. Hovoří se proto o cviku, který je určen převážně na jednu svalovou skupinu.

d) Opakování

Opakování je jedno provedení cviku čili cyklus dvou pracovních fází: první fáze je nejčastěji zvednutí, druhá spuštění zátěže. Za jedno opakování se tedy považuje spojení koncentrického pohybu (svaly se zkracují) a excentrického pohybu (svaly se prodlužují).

e) Série

Série je několik opakování téhož druhu cvičení (cviku) provedených nepřetržitě, bez přestávky.

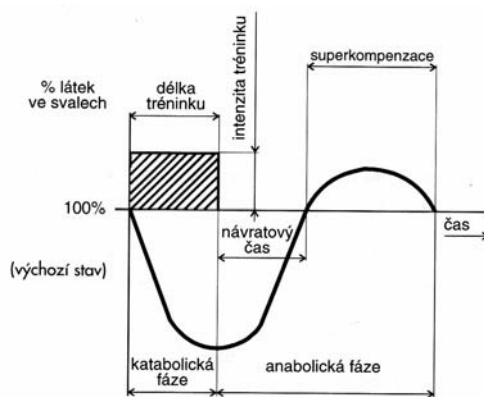
f) Cvičební plán

Aby sportovec uspěl ve své disciplíně je nezbytné, aby rozvíjel svoje fyzické možnosti systematicky, k těmto účelům slouží cvičební plán. Cvičební plán je návod, v němž je navržen celý trénink od rozcvičení až po závěrečný strečink. Obsahuje seznam a pořadí cviků, počet sérií a opakování [21].

3.3.2 Superkompenzace (model biologické adaptace)

Superkompenzace popisuje časový průběh odpovědi těla na podráždění stresovým faktorem v podobě tréninku (obrázek č. 7). Trénink je ve fázi zatěžování charakteristický zvýšenou potřebou energie získávanou katabolismem přijímaných nebo uskladněných živin. Energetické zásoby jsou ve svalu uloženy hlavně ve formě polysacharidů – glykogenu a fosforylovaných sloučenin (adenosintrifosfátu = ATP a kreatinfosfátu = CP). Při tréninku se spotřebovávají zásoby energie nejprve ze svalu. Po zatěžování – ve fázi odpočinku, se energetické a stavební látky znovu vracejí do svalů a ostatních zásobáren a podle teorie

superkompensace dochází posléze i k převýšení původní úrovně těchto látek. Organismus se tímto přeplněním či převýšením připravuje (v rámci podmíněného reflexu) na podobnou situaci, s níž se již setkal, aby měl připraven dostatek energie a dokonce i svalové hmoty. K superkompenzaci nedochází pouze u zásob energie a stavebních látek, ale i u ostatních orgánů, tkání a tělních tekutin. Ve fázi doplňování a přeplňování dochází k tvorbě složitých molekul z jednoduchých monomerů, čemuž se říká anabolizmus [21, 47].

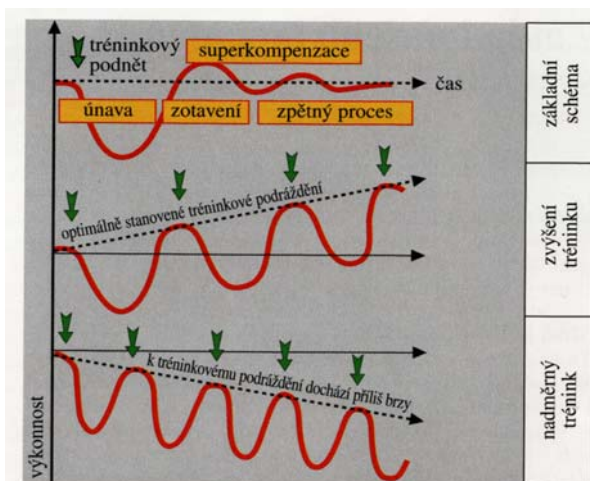


Obrázek č. 7: Schéma superkompensace a návratový čas [21].

Návratový čas je doba, za kterou dojde k doplnění látek (než nastane superkompensace). Nejdostupnější energetické zdroje (ATP, CP) začínají superkompenzovat v sekundách a jejich částech, glykogen v minutách až hodinách, proteiny svalu v hodinách až dnech.

Návratový čas je závislý jednak na vlastnostech jedince, jednak je ovlivnitelný zevními faktory. Kratší návratový čas budou mít mladší jedinci či jedinci s nižší hmotností. Delší návratový čas mají hmotnější či starší sportovci. Prodloužení návratového času nastane po tréninku, v němž dochází k velkému napětí svalu. Návratový čas také prodlužuje nedostatek spánku a špatný režim dne, špatná nálada, nízký příjem tekutin či vyšší příjem alkoholu, nadbytek tuků, ale kupodivu i proteinů ve stravě. Zkrácení návratového času umožní příjem sacharidů (hlavně jednoduchých po tréninku) a příjem minerálů (příjem vit. C, E, skup. B).

Dosažení mohutné superkompensace je jedním z cílů objemového tréninku. Dochází-li k podnětům v optimálních časových odstupech, tréninkový efekt se zvyšuje (obrázek č. 8, uprostřed). [21, 47].



Obrázek č. 8: Schéma superkompensace různě načasovaných tréninků [47].

3.4 SPORTOVNÍ VÝŽIVA A DOPLŇKY STRAVY

Svět sportu je zaplaven výrobky, které slibují rychlejší zotavení, snížení množství tělesného tuku, zvětšení objemu svalové hmoty, omezení rizika onemocnění nebo dosažení jiných vlastností, které zvyšují sportovní výkon. Rozlišení doplňků stravy a potravin pro sportovce je někdy náhodné. Pokud je odlišení založeno na formě výrobku, můžeme považovat za doplňky tablety, extrakty, tobolky nebo prášky, zatímco potraviny určené pro sportovní výživu mají obvykle podobu energetických tyčinek, nápojů a jiných požitelných výrobků [37].

V ČR doposud chybí údaje o odhadu spotřeby doplňků stravy běžnou populací. Mezi sportovci je pak užívání ještě rozšířenější. Legislativní požadavky vychází ze základního zákona o potravinách č. 110/1997 Sb. v aktualiz. znění a z vyhlášky č. 446/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin potravními doplňky. Vyhláška č. 54/2004 Sb. se týká potravin určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití. Pro účely této vyhlášky se rozlišuje několik kategorií potravin pro zvláštní výživu. Mimo jiné jsou zde zahrnuty potraviny určené pro sportovce a pro osoby při zvýšeném tělesném zatížení. O těchto potravinách podrobně pojednává část 12, ve které se pro účely této vyhlášky potravinami určenými pro sportovce rozumí:

- potraviny zajišťující vyšší přísuv energie,
- potraviny podporující tvorbu svalstva,
- ostatní specifické potraviny určené zejména pro výživu sportovců,
- nápoje určené pro sportovce [37, 45].

Příloha č. 13 k vyhlášce č. 54/2004 Sb. pak stanoví potravní doplňky, které smí být přidávány do potravin určených pro sportovce a pro osoby při zvýšeném tělesném výkonu.

Kromě jiných údajů se na obalu musí uvést označení „vhodné pro sportovce“ nebo „vhodné pro osoby při zvýšeném tělesném výkonu“ jako součást názvu potraviny.

Doplňky stravy lze dělit z několika hledisek např. dle účinku, formy, dostupnosti, vědeckých podkladů o účinku, původu nebo dle chemického charakteru [37].

Tabulka č.1: Dělení doplňků stravy [36].

Skupina doplňků stravy	Příklady
Vitamíny	Vitamín C, E, atd.
Minerální látky	Jod, selen, vápník
Další aktivní látky	Koenzym Q 10
Antioxidanty	Ginko biloba, vitamín C
Extrakty z rostlin	Ženšen, chrom
Doplňky stravy podporující hubnutí	Karnitin, chrom
Doplňky na povzbuzení	Vitamíny sk. B, yohimbin, zelený čaj
Doplňky na problémy s klouby	Glukosamin sulfát
Doplňky s mastnými kyselinami	Kyselina linoleová
Probiotika	Kultury mléčného kvašení
Enzymy	Wobenzym, Phlogenzym
Hormony	Melatonin
Doplňky sportovní výživy	Kreatin, aminokyseliny, iontové nápoje

Vzhledem k obrovskému množství doplňků sportovní výživy si také ony zaslouží pro lepší přehlednost rozdělení a to dle účinků.

Tabulka č. 2: Dělení doplňků sportovní výživy [38].

Skupina doplňků sportovní výživy	Příklady doplňků stravy
Doplňky pro svalový růst a sílu	Proteiny, hydrolyzáty proteinů, peptidy, aminokyseliny (BCAA, glutamin...), kreatin, HMB, pyruvát
Doplňky pro získání energie	Sacharidy, kreatin
Doplňky podporující hubnutí, vytrvalost a uvolňování energie	Kofein, karnitin, koenzym Q 10, chrom, vláknina, HCA
Doplňky pro zvyšování imunity s cílem zdravotní prevence	Ginko biloba, lněný olej
Vitamíny, minerální látky a stopové prvky	Vitamin C, vápník., hořčík, multivitamíny a multiminerály, chrom
Stopové nápoje	Iontové nápoje

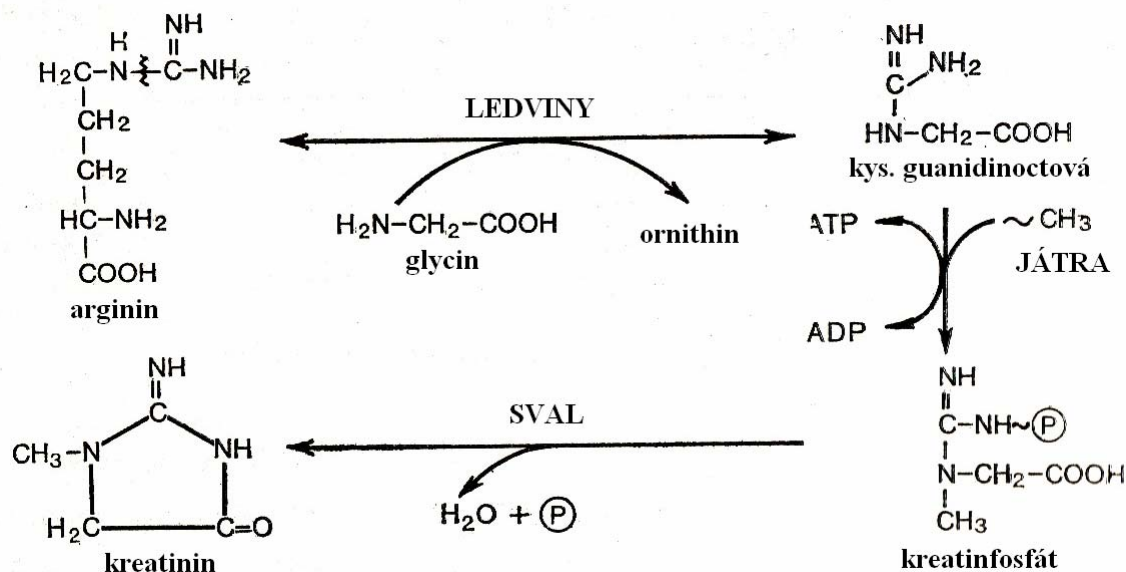
3.4.1 Kreatin ve výživě

Užívání kreatinu ve sportu není oficiálně zakázáno a zdá se, že nemá závažné vedlejší účinky ani při vysokých dávkách nebo minimálně dávkách nutných pro dosažení ergogenního účinku, tedy účinku zvyšující výkon. To, co odlišuje kreatin od ostatních přípravků podporujících svalovou činnost, je zřejmě účinnost na zlepšení výkonnosti [4].

3.4.1.1 Biosyntéza kreatinu

Na biosyntéze kreatinu se podílejí arginin, glycin a methionin. V první fázi, která byla prokázána v ledvinách, dochází k přenosu amidinové skupiny argininu na glycin za účasti glycin – transamidázy. Vzniká při tom ornithin a kyselina guanidinoctová (glykocyamin). V druhém stupni je tato kyselina v játrech za přispění aktivního methioninu a ATP fosforylována v kreatinfosfát. Reakce je ireverzibilní. Při svalovém stahu je kreatinfosfát štěpen za současného uvolnění energie. Podle stavu metabolismu a potřeby organismu může být kreatin opět fosforylován.

Kreatin je obsažen ve všech tkáních, nejvíce ve svalech (přibližně 400 mg), játrech a ledvinách, v nižších koncentracích i v mozku a v krvi. Kreatin se vyskytuje volný nebo (a to z větší části) jako energeticky bohatý kreatinfosfát. Svaly obsahují 98 % veškerého tělesného kreatinu. Kreatinin je látka, která vzniká nevratnou reakcí z kreatinfosfátu a je odpadním produktem kreatinu. Za fyziologických podmínek je tato přeměna v organismu pomalá a spontánní. Jde o přeměnu pro organismus nevýhodnou. Volný kreatinin se vyskytuje v krvi, v moči a v potu, žluči a ve všech gastrointestinálních sekretech. Jeho vylučování do moči je prakticky konstantní a je v přímé závislosti na celkovém množství svalstva a jeho činnosti. Zvýšené množství kreatininu je možno pozorovat po nadměrném požití masa v potravě a dále u dětí, jejichž svalstvo není definitivně vytvořeno [1, 25].



Obrázek č. 10: Biosyntéza kreatinu a kreatininu [1].

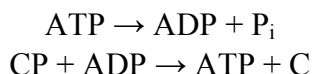
3.4.1.2 Svalový kreatin

Svalový kreatin je ze značné části konjugován s kyselinou fosforečnou na kyselinu kreatinfosforečnou, nazývanou také kreatinfosfát. Kreatinfosfát představuje ve svalu hlavní energetickou rezervu. Enzymovým štěpením kreatinfosfátu se uvolňuje značné množství energie, která je uložena v makroergické vazbě N~P. Nejvíce kreatinfosfátu je v kosterních svaích (přibližně 100 g), méně ve svalu srdečním a nejméně ve svaích hladkých. Trénink zvyšuje hladinu kreatinfosfátu ve svalu. Při smrštění svalu nastává štěpení kreatinfosfátu, a tím úbytek jeho klidové hodnoty. Kromě kreatinfosfátu obsahují všechny druhy svalů ATP, ADP a AMP. Játra naproti tomu obsahují jen 1,8 μmol ATP/g tkáň. Tato podstatně vyšší koncentrace látek s makroergními vazbami představuje zásobárnu pro svalovou kontrakci. Kreatinfosfát má sloužit k regeneraci ADP na ATP [1, 32].

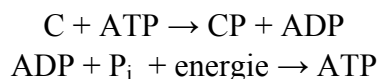
3.4.1.3 Metabolismus kreatinu

Kreatinfosfát (CP) se nachází ve svalu v klidu ve vyšších koncentracích než ATP, což je forma okamžitého zdroje energie pro svalovou kontrakci. Pouze část množství ATP ve svalových buňkách lze považovat za zdroj energie - pokles koncentrace ATP se projeví únavou.

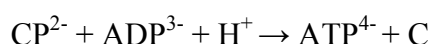
Dochází - li k obnově ATP téměř stejnou rychlostí jakou probíhá jeho hydrolýza, oddaluje se vznik únavy. Přenos fosfátové skupiny z CP na ADP je katalyzován enzymem kreatinkinázou a vede k vytvoření ATP a volného kreatinu (C). Situaci při intenzivní svalové kontrakci lze vyjádřit takto [4]:



Během zotavení při zátěži probíhá reakce katalyzovaná kreatinkinázou opačně, přičemž je využita energie vznikající oxidativním metabolismem v mitochondriích:



Při zátěži o vysoké intenzitě vede glykolýza k tvorbě pyruvátu větší rychlostí, než jakou může být odstraňován oxidativním metabolismem, což vede k hromadění laktátu ve svalu. Ionty vodíku uvolněné při anaerobní glykolýze vedou k poklesu pH ve svalu a rostoucí kyselost je faktorem, který přispívá ke vzniku únavy. Buňky chrání před pH změnami řada mechanismů, a jedním z nich je i odbourávání CP. Reakci katalyzovanou kreatinkinázou lze zapsat také způsobem:

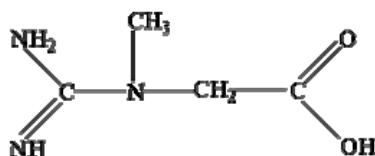


Větší množství dostupného CP pro vyvázání vodíkových iontů může zvýšit kapacitu intramuskulárního nárazníkového systému a oddálit dobu, kdy pH dosáhne kriticky nízké hodnoty.

Uvádí se, že CP plní ve svalových buňkách ještě další funkci, kterou je přenos ekvivalentů ATP z vnitřního prostoru mitochondrie, kde se ATP vytváří oxidativní fosforylací, do cytoplazmy, kde je ho třeba [4].

3.4.1.4 Podávání kreatinu a koncentrace kreatinfosfátu ve svalech

Kreatin je aminokyselina (methylguanidinoctová kyselina), která se vyskytuje v běžné stravě, přičemž 1 kg čerstvého masa obsahuje asi 5 g kreatinu.



Obrázek č. 11: Vzorec kreatinu

Normální denní příjem je nižší než 1 g, ale odhadovaná denní potřeba je u průměrného člověka 2 g. Organismus má jen omezenou schopnost syntézy kreatinu v játrech, ledvinách, slinivce břišní a v jiných tkáních, ale hlavním místem jeho tvorby jsou u lidí ledviny. Ty doplňují potřebné množství, které nebylo dodáno stravou. Syntéza probíhá z prekurzorových aminokyselin (methioninu, argininu a glycinu), ale je utlumena při vysokém příjmu kreatinu stravou [4].

3.4.1.5 Účinky podávání kreatinu na fyzický výkon

Obsah kreatinu ve svalech zůstává zvýšený po několik týdnů po jeho podávání. Pokud jsou zkoumanými jedinci sportovci, ztěžuje zvýšený objem tréninku, který je po podávání kreatinu potenciálně možný, interpretaci výsledků zkřížených studií s podáváním placeba. Z těchto důvodů využívá řada studií vzájemně si odpovídající skupiny jedinců. Některé studie [46, 47] zkoumaly účinky podávání kreatinu na výkonnost při mnoha druzích a formách zátěže.

Současné poznatky nasvědčují tomu, že výkonnost se zlepšuje při opakovaných periodách velmi intenzivní zátěže s krátkými intervaly odpočinku. Podávání kreatinu může být užitečným doplňkem tréninkového programu ve sportech s intervalovým tréninkem a posilováním i přínosem pro výkon při soutěžích ve sportovních hrách s přerušovanými periodami zátěže s vysokou intenzitou hry [4, 46].

3.4.1.6 Kreatin a tělesná hmotnost

Prováděné studie [46, 48] dokládají, že podávání kreatinu je spojeno s rychlým nárůstem tělesné hmoty. Obvykle jde o 1 - 2 kg v průběhu doby podávání 4 - 5 dní, ale nárůst může být i vyšší. Protože se jedná o rychlé zvýšení tělesné hmotnosti, musí se předpokládat, že je způsobeno hlavně retencí vody. Zvýšení obsahu kreatinu ve svalech o 80 - 100 mmol/kg zvýší nitrobuněčnou osmolalitu, což vede k retenci vody [4, 46, 48].

3.4.1.7 Vliv kreatinu na zdraví

Protože účinky dlouhodobého podávání vysokých dávek kreatinu nejsou známe, objevují se obavy, že s sebou mohou nést zdravotní riziko. Obavy se týkají především možných účinků na funkci ledvin, zvláště u jedinců s narušenou renální funkcí. Otázka možných nežádoucích účinků je zcela oprávněná. Obvykle se doporučuje, aby sportovci užívali 20 g kreatinu denně po dobu 4 - 5 dní (dávka pro vytvoření zásob) a následně 1 - 2 g denně (udržovací dávka).

Stejně obavy týkající se poškození ledvin vyvstaly v souvislosti s podáváním proteinů u kulturistů a u sportovců věnujících se silovému sportům. Tito sportovci někdy konzumují až 400 g proteinů denně po dlouhou dobu [4].

3.4.2 Proteiny ve výživě

Nejlepší sportovní výživa obsahuje přiměřený, ale nikoliv nadměrný příjem proteinů, který slouží ke stavbě nové svalové tkáně a k opravě té stávající. Dále jsou proteiny nutné pro růst vlasů a nehtů, tvorbu hormonů, udržení imunity, pro tvorbu červených krvinek atd. [12]. Proteinové požadavky pro sportovce jsou objektem mnoha vědeckých debat. Je všeobecně akceptováno, že siloví i vytrvalostní sportovci přijímají větší množství proteinů než běžná populace. Kromě toho, vysoko proteinové diety se staly docela populárními mezi lidmi jako součástí redukčního programu.

Svaly jsou tvořeny hlavně proteiny (kde převažující složkou je voda, která představuje asi 75 % celkové hmoty). Funkční vlastnosti svalů závisí na jejich proteinovém složení. Pravidelné cvičení má řadu vysoce specifických účinků na metabolismus proteinů v organismu. Silový trénink vede k nárůstu objemu svalové hmoty, což ukazuje na zvýšenou tvorbu aktinu a myosinu a je zřejmé, že tento proces je závislý na biologické dostupnosti proteinů [2, 4].

Je možné porovnat velké množství studií věnovaných příjmu proteinů u různých skupin sportovců, jako např. čtyřtýdenní studie sportovců s intenzivním tréninkem potvrdila zvýšení proteosyntézy a nárůstu svalové hmoty ve skupině s vyšším proteinovým příjmem [4, 13]. Jiná studie [14] zabývající se příjmem proteinů zaznamenala obdobné výsledky u začátečníků v posilování dle doporučeného příjmu proteinů $1,6 - 1,7 \text{ g.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Závěry studie věnující se pozitivní dusíkové bilanci [15] u posilujících sportovců doporučují konzumaci proteinů v množství $1,8 \text{ g.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$. Taktéž třináctitýdenní studie [17], stanovující denní potřebu příjmu proteinů, došla k závěru denní konzumace proteinů v rozmezí $1,4 - 1,8 \text{ g.kg}^{-1}.\text{den}^{-1}$.

Prvních 60 – 90 min. tréninku je primárním zdrojem glykogen. Pokud ovšem trénink trvá déle než 90 min., glykogenové zásoby se vyčerpají a tělo musí hledat jiné energetické zdroje. Často jsou náhradní zdroje například proteiny – zejména pak aminokyseliny. Vzhledem k tomu, že jsou proteiny v těle využity zejména k výstavbě svalové tkáně, nikoliv jako zdroj energie, je zbytečné je přijímat před tréninkem a během něj [12].

Při hodnocení potřeby a příjmu proteinů nestačí počítat pouze s celkovým příjmem proteinů. Je nutno vzít v úvahu i složení aminokyselin, dostupnost peptidových vazeb proteinu trávicím enzymům a další faktory, které se zařazují pod pojem biologická (nutriční, výživová) hodnota proteinu.

Při určení nutriční hodnoty proteinů se vychází ze skutečnosti, že organismus není schopen syntetizovat esenciální aminokyseliny, zatímco skladbu ostatních aminokyselin může regulovat téměř libovolně podle potřeby. Proto se v proteinech stanovuje složení esenciálních aminokyselin a výsledky se vztahují k obsahu esenciálních aminokyselin přítomných v určeném referenčním proteinu. Tím je protein, který má z hlediska výživy optimální nebo téměř optimální složení esenciálních aminokyselin a je tedy v organismu velmi dobře využitelný [22].

K posouzení nutriční hodnoty proteinů se dnes běžně používá dvou různých kritérií:

- aminokyselinové skóre AAS (z angl. Amino Acid Score, označované také zkratkou CS, Chemical Score)
- index esenciálních aminokyselin EAAI (z angl. Essentials Amino Acid Index). Aminokyselinové skóre AAS (%) se vypočte pro každou esenciální aminokyselinu podle vztahu:

$$AAS = \frac{100 A_i}{A_{si}}$$

A_i = obsah dané esenciální aminokyseliny v testovaném proteinu;

A_{si} = obsah téže aminokyseliny ve standardním (referenčním) proteinu.

Esenciální aminokyselina, která má ze všech esenciálních aminokyselin nejnižší hodnotu kritéria AAS a určuje tedy nutriční hodnotu proteinu se nazývá limitující aminokyselinou. Jako referenční (standardní) protein byl organizacemi FAO/WHO určen fiktivní protein, který má zcela optimální složení esenciálních aminokyselin, hodnota AAS pro každou z nich je 100 %. V praxi se jako standardní proteiny používají např. proteiny celovaječné nebo soubor proteinů odstředěného mléka (mají hodnotu AAS také 100 %) [22].

Tabulka č. 3: Obsah esenciálních aminokyselin ve standardním proteinu (v g vztaheno na 16 g dusíku) a denní potřeba těchto aminokyselin [22].

Aminokyselina	Protein FAO/WHO	Denní potřeba (g)
Valin	5,0	11 – 14
Leucin	7,0	11 – 14
Isoleucin	4,0	10 – 11
Methionin a cystein	3,5	11 – 14
Threonin	4,0	6 – 7
Lysin	5,4	9 – 12
Fenylalanin a tyroxin	6,1	13 – 14
Tryptofan	1,0	3 – 3,5
celkem	36,0	

Hodnota AAS bere v úvahu vždy jen jednu aminokyselinu. Přesnější údaje o výživové hodnotě proteinů proto poskytuje index esenciálních aminokyselin EAAI, který zahrnuje příspěvek všech esenciálních aminokyselin k výživové hodnotě proteinu. Pro každou esenciální aminokyselinu se určí hodnota AAS a vypočte se geometrický průměr těchto hodnot [22]:

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{100 A_1}{A_{S1}} \frac{100 A_2}{A_{S2}} \frac{100 A_n}{A_{Sn}}}$$

Význam symbolů je stejný jako při výpočtu hodnot AAS.

3.4.3 Sacharidy ve výživě

Sacharidy se v potravě vyskytují jako monosacharidy (glukóza, fruktóza), disacharidy (sacharóza, laktóza) a polysacharidy. Polysacharidy se podle odolnosti vůči trávicím schopnostem enzymů gastrointestinálního traktu člověka člení na stravitelné (škrob, glykogen) a nestravitelné (vláknina).

Monosacharidy a oligosacharidy jsou běžnou složkou téměř všech potravin, ale jejich obsah je značně proměnlivý, stejně tak jako zastoupení jednotlivých cukrů (obecně převládají jako sacharidy). V relativně velkém množství jsou monosacharidy přítomny v ovoci, v medu, atd. Škroby jsou hlavními polysacharidy převládajícími u kořenové zeleniny a okopanin, luštěnin, cereálií, atd. [6].

Není pochyb o tom, že sacharidy jsou nejlepší zdroj energie pro svalovou práci a zároveň na podporu pevného zdraví. Lidé v každém věku a libovolného životního stylu by se měli stravovat tak, aby jejich výživa byla zdraví prospěšná, vysokosacharidová, nízkotučná a bohatá na proteiny [10].

Svaly mohou při práci metabolizovat sacharidy, tuky i proteiny. Výhodou sacharidů je jejich vyšší účinnost, neboť mohou být využívány jak aerobně, tak i anaerobně. Při vysoce náročné práci využívají svaly jen glukózu, v klidu při dostatečném přívodu kyslíku kryjí svaly své energetické požadavky především metabolismem tuků. Mimo tyto extrémy je podíl tukového a sacharidového metabolismu závislý na intenzitě a úrovni výkonnosti daného jedince [9].

Před jakýmkoliv náročným tréninkem lze použít sacharidy – cílem je stimulovat jejich využití zvýšenou nabídkou. Protože však jejich nadměrné množství příliš podráždí slinivku k produkci nadbytečného inzulínu, maximální množství sacharidů podaných jednorázově před tréninkem může být asi 30 – 40 gramů [11].

3.4.4 Energetický metabolismus

Organismus člověka je otevřený systém v ustáleném stavu mezi příjmem a výdejem energie. Jejím zdrojem je energie chemických vazeb jednotlivých živin přijímaných v potravě. Ta je v organismu použita pro tvorbu nových chemických vazeb (např. ve formě molekul glykogenu, proteinů, triacylglycerolů a ATP), pro práci (práce kosterního, hladkého a srdečního svalstva), pro vznik elektrické energie (membránový a akční potenciál) a pro tvorbu tepla.

Energetický metabolismus je transformace energie chemických vazeb jednotlivých živin na jiné typy energie.

Klasickou a dosud často používanou jednotkou energie je 1 kalorie (cal), definovaná jako množství energie nutné ke zvýšení teploty 1 ml vody o 1°C. SI jednotkou energie je 1 joule (J). Pro přepočítání mezi kaloriemi a jouly platí: 1 cal = 4,184 J [6].

3.4.4.1 Uvolnění energie z živin

Množství energie, které lze z jednotlivých živin v organismu uvolnit, se liší, a proto množství potravy nezbytné pro udržení energetické rovnováhy závisí na její skladbě. Pro potřeby fyziologické výživy rozlišujeme u živin fyzikální a fyziologické spalné teplo. Fyzikální spalné teplo představuje množství energie uvolněné z živiny při jejím spálení v kalorimetru, fyziologické spalné teplo udává množství energie, které se z živiny uvolní v organismu [6].

Tabulka č. 4: Energetická hodnota živin [6].

Živina	Fyzikální spalné teplo (kJ/g)	Fyziologické spalné teplo (kJ/g)
Sacharidy	17	17
Lipidy	39	39
Proteiny	23	17

U sacharidů a lipidů je fyzikální a fyziologické spalné teplo prakticky shodné. Energie uvolněná v organismu z proteinů (fyziologické spalné teplo) je však podstatně nižší než při spálení v kalorimetru (fyzikální spalné teplo). Hlavní příčinou tohoto rozdílu je nekompletní utilizace aminokyselin při oxidaci v organismu za vzniku močoviny. Z tabulky je rovněž zřejmé, že lipidy jsou nejkoncentrovanějším zdrojem energie. Proto je pro organismus výhodné využívat triacylglyceroly jako hlavní zásobní formu energie. Rozdíly mezi množstvím energie, které lze uvolnit v kalorimetru, a které se z proteinů potravy uvolní v organismu, mají ve fyziologii výživy zásadní význam při stanovení množství energie, jež je nutno dodat potravou pro udržení rovnovážné energetické bilance [6].

3.4.4.2 Energetická bilance organismu

Organismus musí pro zachování své existence udržovat rovnováhu mezi příjmem a výdejem energie. U většiny lidí je podstatná část energie přijata formou 3 až 6 chodů jídla během dne (snídaně, přesnídávka, oběd, svačina, večeře, popřípadě druhá večeře). Zásadním rozdílem ve způsobu výdeje energie oproti jejímu příjmu je to, že výdej energie je nepřetržitý, i když jeho intenzita značně kolísá. Nejmenší výdej energie je ve spánku, ve dne se mění dle typu vykonané činnosti.

Aby v období lačnění mohl organismus uvolňovat energii, je nutné, aby část energie přijaté potravou byla využita pro vytvoření zásob ve formě glykogenu a triacylglycerolů. To je umožněno komplexem neurohumorálních změn navozených příjmem potravy (např. zvýšená sekrece inzulínu a aktivace parasympatiku), které aktivují reakce anabolického charakteru. Vytvořené zásoby energie jsou prostřednictvím aktivace katabolických reakcí využívány pro tvorbu ATP v období lačnění a u zátěžových stavů (práce, nemoc) [6].

3.4.4.3 Hlavní cesty zabezpečení energetických nároků organismu

V podmínkách energetické rovnováhy musí být přísunem energie roven energetickým ztrátám [32]. Vztah mezi přísunem a výdejem energie vyjadřuje tzv. bilanční rovnice:

$$\text{přísun energie} = \text{výdej energie} \pm \text{zásoby energie}$$

Je-li přísun energie v daném časovém úseku (dny) nižší než výdej, dochází ke snižování zásob energie a k poklesu tělesné hmotnosti. Je-li přísun energie dlouhodobě vyšší než výdej,

dochází k tvorbě zásob energie ve formě triacylglycerolů tukové tkáně a ke vzniku obezity. Fyziologicky je příjem energie vyšší než její výdej v období růstu, při obnově energetických zásob pro prodělané nemoci (rekonvalescenci) a při reparaci tkání [6].

Nedostatečný přísun energie vede k rozvoji katabolického stavu, který je doprovázen negativní dusíkovou bilancí. Hladovění u nestresovaného organismu (prosté hladovění) vede k přednostnímu odbourávání zásobních tuků s produkcí ketolátů, podíl odbouraných proteinů je malý [7].

Energetický výdej (tzv. energy expenditure, EE) organismu je dán součtem energie potřebné k udržení životních pochodů (tzv. bazální metabolismus, BMR), energie uvolněné ve formě tepla po příjmu potravy (tzv. termický efekt potravy, TEF), energie nezbytné pro termoregulaci a energie potřebné k práci (fyzické i duševní):

$$EE = BMR + TEF + \text{termoregulace} + \text{práce}$$

U osob se sedavým způsobem života tvoří bazální metabolismus okolo 60 %, termický efekt potravy 10 %, nároky na termoregulaci 10 % a fyzická aktivita 20 % z celkového denního energetického výdeje [6].

Bazální metabolismus představuje uvolnění velké energie nezbytné pouze k zajištění základních biologických funkcí za standardních podmínek. BMR je definován konvencí a jeho hodnota nepředstavuje nejnižší možný energetický výdej. Pro muže o hmotnosti 70 kg se BMR pohybuje okolo 7000 kJ/den. Na hodnotu BMR má vliv řada faktorů: tělesný povrch, genetické faktory, věk, pohlaví, klima, tělesná teplota atd. Je nutno zdůraznit, že svalová námaha, příjem potravy a změny okolní teploty se neřadí mezi faktory ovlivňující BMR (přestože výrazně zvyšují energetický výdej). BMR se obvykle vyjadřuje jako procentuální zvýšení či snížení vzhledem k hodnotě náležité. Ta se stanoví nejčastěji pomocí Harrisovy-Benediktovy formule, která je odlišná pro muže a ženu a zahrnuje i faktor věku. Výpočet zahrnuje i energii, která se spotřebuje na krytí chemické práce spojené s příjmem a trávením potravy (termický efekt potravy) [6, 7]:

$$EE \text{ (kcal/24h, muži)} = 66,47 + 13,75 \cdot \text{hmotnost [kg]} + 5 \cdot \text{výška [cm]} + 6,75 \cdot \text{věk [roky]}$$

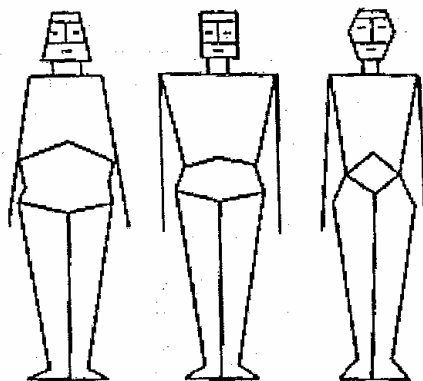
Tabulka č. 5: Doporučený optimální podíl živin v gramech, kJ a kcal při jednotlivých úrovních denního příjmu energie [9].

Denní příjem		Sacharidy (65 %)			Proteiny (15 %)			Tuky (20 %)		
kJ	kcal	kJ	kcal	g	kJ	kcal	g	kJ	kcal	g
10500	2500	6825	1625	400	1575	375	91	2100	500	54
11300	2700	7345	1755	430	1700	405	100	2260	540	58
12600	3000	8200	1950	475	1900	450	110	2520	600	65
14700	3500	9555	2275	555	2200	525	130	2940	700	75
16800	4000	10920	2600	635	2500	600	145	3360	800	85

3.5 METODY POUŽÍVANÉ KE ZJIŠTĚNÍ STAVU SPORTOVCE

3.5.1 Antropologie

U sportujících jde především o vztah somatotických znaků ke zvolenému sportovnímu odvětví a s tím spojená perspektiva sportovní úspěšnosti. Na podkladě stanovených somatometrických znaků je pak mimořádně významné stanovení primárních a sekundárních komponent somatotypu a tělesného složení vyšetřované osoby (obrázek č. 12). Ty souvisí nejen s výkonností, ale i s potenciálními riziky, která si každý somatotyp skrytě přináší.



Obrázek č. 12: Schéma základních charakteristik tří somatotypů [34].

3.5.2 Somatometrie

Základem každého antropologického vyšetření je somatometrie. Základní pravidla antropologického vyšetření jsou:

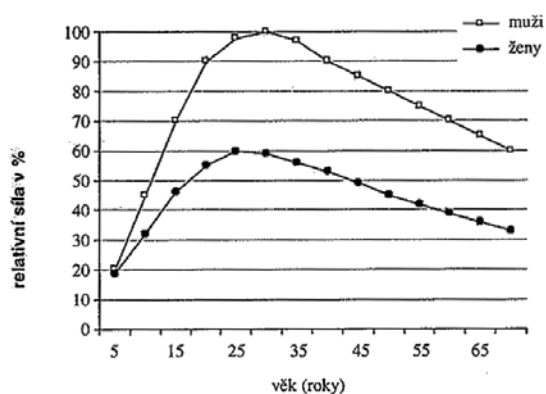
- vyšetřovaný má na sobě jen nejnutnější oděv, měření se provádí na místech bez oděvu,
- v běžné antropometrii se měření provádí obvykle na pravé straně těla,
- rozsah antropometrického vyšetření závisí na sledovaném cíli.

3.5.3 Somatotyp

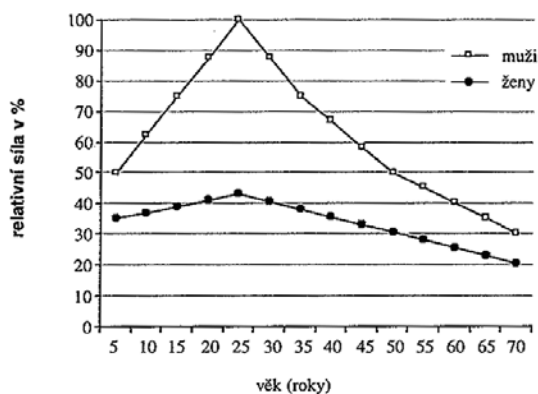
Jednotlivé morfologické znaky, mající vztah ke tvaru a složení těla, jsou označovány jako somatotyp. Jednotlivé somatotypy se pak mohou dělit na:

- *Endomorfii*: Postava většinou mohutná, avšak kostra spíše gracilní, relativně velká hlava (často hruškovitého tvaru), obličej oválný až kulatý, relativně krátký trup, velký obvod hrudníku a břicha, malé ruce, značná prominence břišní stěny, tendence k ukládání tělesného tuku, málo patrný svalový reliéf.
- *Mezomorfii*: Postava spíše větší, charakterizovaná robustní kostrou a výraznou muskulaturou, hlava větší, obličej hranatého typu, relativní převaha transversálních parametrů: široká ramena i pánev, široký hrudník, velký obvod hrudníku, delší trup, delší horní končetiny, velké ruce, osa dolních končetin paralelní, výrazné ochlupení na hrudníku, někdy i končetinách.
- *Ektomorfii*: Postava většinou vyšší, charakterizuje ji štíhlost, primárně malá tendence k ukládání tělesného tuku, hlava spíše dolichocefalní, obličej dolů se zužující, delší krk, úzký a plochý hrudník, středně dlouhé až dlouhé končetiny, dlouhá úzká ruka, osa dolních končetin spíše varosní, malé transversální i sagitální parametry [34].

V individuálních možnostech jedince, toužícího po mohutné muskulatuře, hraje velkou roli primární somatotyp dané osoby. Při plánování tréninkových cílů pro silový trénink je nutno vzít v úvahu, že u mužů i žen vrcholí síla ve věku kolem 25 let. Pak nastává pozvolný pokles. Ještě významnější je, že ve stejném věku vrcholí i schopnost zvyšovat sílu. Přehnaně vysoké cíle se stávají značným zdravotním rizikem, ať již ve smyslu úponových poranění či ve smyslu rozvinutí arteriální hypertenze [34].



Obrázek č. 13: Změny svalové síly souvislosti s věkem [34].



Obrázek č. 14: Změny schopnosti zvyšovat svalovou sílu ve vztahu k věku [34].

3.5.4 Metoda měření tuků

Pravidelné monitorování změn složení těla dnes nachází uplatnění téměř ve všech sportech nejen pro hodnocení úrovně zdravotního stavu, ale také proto, že se nepřímou podílí na úrovni sportovního výkonu, např. zvýšené množství tělesného tuku může negativně ovlivnit vytrvalostní výkon, naopak vyšší hodnoty aktivní tělesné hmoty mohou být výhodou v silových disciplínách. V praxi se používá celá řada metod pro určení složení těla. Od běžně prováděné denzitometrie, přes elektrickou impedanci až po složitější určování pomocí fotonové absorpce, isotopové koncentrace, počítačové tomografie, magnetické rezonance atd. Metody bioelektrické impedance jsou moderními neinvazivními, rychlými a relativně levnými metodami pro určení tělesného složení jak v laboratoři, tak v terénních podmínkách.

Multifrekvenční bioimpedanční analýza (BIA) je založena na šíření střídavého proudu nízké intenzity biologickými strukturami při využití většího počtu frekvencí od 0 do 100 kHz.

Princip metodiky je založen na odlišných elektrických vlastnostech tkání, tuku a hlavně tělesné vody. Spočívá v tom, že tukuprostá hmota, obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů je dobrým vodičem proudu, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor a špatný vodič. Na základě regresních rovnic jsou pak z hodnot impedance vypočteny hodnoty celkové tělesné vody, procento tělesného tuku, hodnoty aktivní tělesné hmoty, buněčné hmoty atd. Proud o nízké frekvenci cca. 1 a 5 kHz neproniká do intracelulárního prostoru, lze jím tak měřit hodnoty pouze extracelulární tekutiny a naopak proud o vysoké frekvenci cca. 50 až 100 kHz proniká přes buněčnou membránu do buňky a lze jím tak měřit hodnoty celkové tělesné vody. BIA je velice citlivá na stav hydratace organismu a je schopna zachytit příjem nebo ztrátu tekutiny v objemu nižším než 0,5 litru [41].

3.5.5 Doporučení stravovacího režimu

Dodržování dále uvedených opatření, spolu s pravidelným cvičením, je dnes nejjistějším způsobem cestě ke zdraví [9]:

- zvýšit spotřebu komplexních sacharidů,
- snížit příjem tuků,
- přijímat optimální množství proteinů,
- dělit příjem stravy do více chodů,
- omezit příjem alkoholu,
- zvýšit příjem vlákniny,
- omezit příjem cholesterolu,
- zvýšit spotřebu zeleniny a ovoce,
- omezit spotřebu soli,
- zvýšit přísun tekutin.

3.5.6 Tréninkový plán

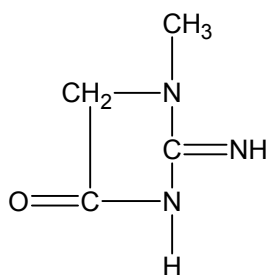
Tréninkový plán je chápán jako písemné vytyčení cílů a úkolů, které jsou v jistém období sledovány. Plány mohou být perspektivní, roční, na jisté období apod. Nejčastěji bývá sestavován týdenní tréninkový plán [39].

3.5.7 Analýza moči

V moči mohou být analyzovány látky:

a) kreatinin

Kreatinin (2-imino-1-methylimidazolidin-4-on) vzniká z kreatinu uvolněného při svalové činnosti (z kreatinfosfátu) a je z organismu odstraňován močí. Je to cyklický anhydrid kreatinu, který vzniká odejmutím molekuly vody z kreatinu, nebo odstraněním molekuly kyseliny fosforečné z kreatinfosfátu. Z celkového množství sumy kreatinu a kreatinfosfátu se přemění asi 2 % za den spontánně, tj. bez účasti enzymů, na kreatinin [5, 26].



Obrázek č. 15: Vzorec kreatininu

Jak celkové množství kreatininu v těle, tak i koncentrace kreatininu jsou přímo úměrné hmotnosti svalstva. Kreatinin je odstraňován z plazmy téměř výlučně glomerulární filtrací s malým příspěvkem tubulární sekrece. Reabsorpce kreatininu v tubulech neprobíhá. Moč obsahuje daleko více kreatininu než kreatinu, díky jejich rozdílnému osudu v ledvinách. Referenční rozmezí hodnot koncentrací kreatininu se poněkud liší pro muže a pro ženy (tabulka č.6) [26].

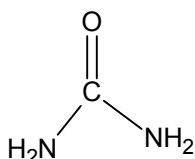
Tabulka č. 6: Referenční rozmezí hodnot koncentrací kreatininu v moči [25].

Moč	Muži	Ženy
Kreatinin	8,8 – 17,7 mmol/den	7,1 – 15,9 mmol/den

Na konkrétní porovnání jedince s tabulkovými výsledky pro zdravého jedince o stejné výšce ukazuje index kreatinin výška. Tímto indexem lze odhadnout konkrétní hmotu svalstva, a tím postihnout pozitivní či negativní změny [29].

b) močovina

Močovina (urea, diamid kyseliny uhličitě) je konečný metabolit dusíku aminokyselin. Vylučování je v přímé závislosti na příjmu proteinů v potravě [1, 7].



Obrázek č. 16: Vzorec močoviny

Referenční meze močoviny v moči jsou v rozmezí 67 – 580 mmol/d. Při smíšené stravě se dostane do moči 15 – 30 g/den (300 – 580 mmol), tj. 80 – 90 % všech dusíkatých látek. Při snížení přívodu proteinů potravou klesá toto procento rychleji, protože vylučování některých dusíkatých látek není stravou ovlivňováno. Vylučování se zvyšuje při rozpadu tělesných proteinů [1, 26].

Široký rozsah fyziologických hodnot močoviny analyzované z moči je dán závislostí na příjmu proteinů a na tělesné aktivitě. Vylučování močoviny je mírou katabolizmu proteinů. Stanovení močoviny v moči umožňuje hodnotit ztráty celkového dusíku močí a tím i dusíkovou bilanci [1].

Vylučování močoviny může být zvýšeno při [28]:

- zvýšeném přísunu proteinů v potravě,
- léčbě kortikosteroidy, forsírované diuréze,
- ztrátách krve, ledvinných onemocněních,
- nepřesném sběru moči za 24 h.

Vylučování močoviny může být sníženo při:

- retenci tekutin, dehydrataci
- nepřesném sběru za 24 h.

Dusíková bilance označuje rozdíl mezi přijatým prot. dusíkem a vyloučeným dusíkem [27]:

- v moči,
- ve stolici,
- v dalších sekretech.

Převažuje-li vylučování dusíku, je bilance negativní. Poněvadž se, i v klidovém metabolismu, plynule odbourává jisté množství proteinů a dusík se vylučuje jako močovina, musí potrava obsahovat odpovídající množství proteinů, aby byla bilance vyrovnaná. Přitom

se předpokládá, že jsou proteiny kvalitativně plnohodnotné, tzn. že jsou dobře stravitelné a že obsahují v dostatečném množství esenciální aminokyseliny. Nepříznivý relativní váhový poměr esenciálních aminokyselin vede k tomu, že se proteiny potravy nemohou optimálně využít k výstavbě tělních proteinů a větší část aminokyselin se odbourává. Z toho důvodu je třeba více proteinů, aby se dosáhlo vyrovnané bilance. Pozitivní rovnováha dusíku znamená, že dochází k svalovému růstu [27].

Při výpočtu ztráty dusíku se v praxi vychází z množství vylučované močoviny, hlavního katabolitu proteinů. Z hodnoty močoviny vyloučené za 24 h lze vypočítat ztrátu dusíku, resp. proteinů:

$$\text{Ztráta dusíku *} (\text{g}/24 \text{ h}) = \text{močovina moči} (\text{mmol}/24 \text{ h}) \cdot 0,028 \text{ **}) + 4 \text{ g ***})$$

*) 1 g dusíku (N) = cca 6,25 g proteinů

**) Přepočítací faktor z mmol močoviny na g dusíku močoviny

***)) Předpokládaná ztráta dusíku v neměřených katabolitech (kreatinin, kyselina močová) v moči a dále v potu, vlasech, kůži a stolici (zvýš. např. při průjmech).

Výpočet přijatého množství dusíku lze vyjádřit dle vzorce [28]:

$$\text{Příjem dusíku} = \text{přijatý objem proteinů nebo aminokyselin (g/d)} : 6,25$$

Pak lze již vypočíst *vlastní dusíkovou bilanci*:

$$\text{Dusíková bilance} = \text{příjem dusíku za 24 h (g)} - \text{ztráty dusíku za 24 h (g)}.$$

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Použité přístroje, pomůcky a potravní doplňky

Ke stanovení určených parametrů kondičních kulturistů byla použita osobní váha, krejčovský metr, přístroj na měření tuků Omron BF302 (výrobce Omron Healthcare Europe). Byly podávány doplňky výživy – kreatin monohydrát, 80% protein, maltodextrin. Studie byla provedena v prostorách Centra sportovních aktivit, Vysokého učení technického v Brně, které zajišťuje celoroční tělovýchovné a sportovní aktivity studentů a zaměstnanců VUT v Brně [30].

4.2 Výběr jednotlivců vhodných dle kritérií studie

Bylo vybráno 25 studentů různých fakult VUT, Brno, kteří se dobrovolně zúčastnili studie. Studenti, stáří v průměru 22 let, byli již před studií fyzicky aktivní, pokročilí ve zvládnuté technice posilování. Před studií delší dobu nepřijímali sportovní doplňky stravy.

4.3 Skupiny kondičních kulturistů dle přísunu doplňků stravy

25 studentů bylo rozděleno do 4 skupin po 6 lidech (7 lidech). Každé skupině byla podávána přesně definovaná množství vybraných doplňků stravy, která jsou podrobně rozepsána v příloze 1.

Vzhledem k doporučené délce kreatinového přísunu, trvání podávaných doplňků stravy bylo stanoveno na 5 týdnů, délka celé studie na 7 týdnů. Skupiny byly označeny následovně:

Tabulka č. 8: Označení skupin

Číslo skupiny	Označení skupiny
1. skupina ($n = 6$)	1. skupina – Cr 2 g
2. skupina ($n = 6$)	2. skupina - Cr 6 g
3. skupina ($n = 6$)	3. skupina – Pro
4. skupina ($n = 7$)	4. placebo skupina – CHO

Použité zkratky v označení skupin: **Cr** – kreatin, **Pro** – proteiny, **CHO** – sacharidy, n – počet cvičenců ve skupině.

4.4 Tréninkový plán

Kondiční kulturisté trénovali podle sedmi týdenního tréninkového plánu (viz příloha 2) vypracovaného Karlem Štádlíkem, trenérem II. třídy kulturistiky a fitness, přičemž jeden mikrocyklus tvoří 4 tréninkové jednotky.

Zásadně měla být dodržována tréninková jednotka tak, aby zátěž nastupovala pozvolna, vrcholila v druhé polovině tréninku a pozvolna se snižovala (uklidňující se závěrečná část tréninkové jednotky) [33].

4.5 Denní strava

Při doporučení skladby jídelníčku sportovců byl brán zřetel na finanční situaci studentů a stravování v menzách tak, aby mohla být dodržována v praxi a zároveň splňovala kritéria vyváženého příjmu živin, tedy aby zastoupení hlavních živin v potravě odpovídalo 60 % sacharidů, 24 % tuků a 16 % proteinů (viz graf č. 1) [8].



Graf č. 1: Zastoupení hlavních živin v potravě [8].

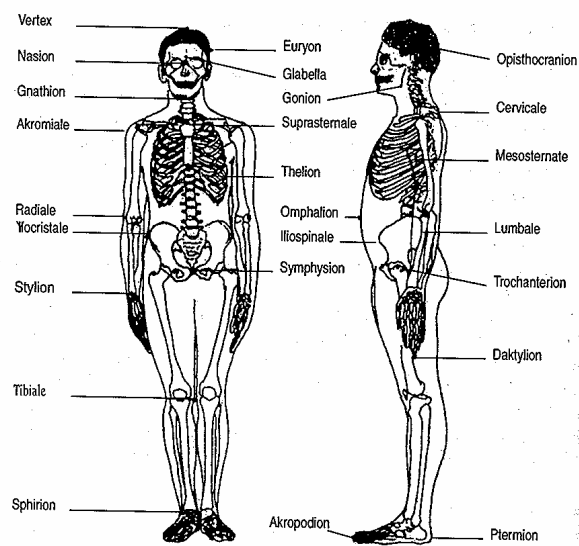
Důraz byl kladen na dostatečný pitný režim.

4.6 Antropologické metody

Každému cvičícímu byla změřena tělesná výška, tělesná hmotnost, obvodové části těla, množství tuků v těle.

a) Stanovení tělesné výšky

Vyšetřovaná osoba stojí bez obuvi, vzpřímena, paty a špičky jsou u sebe, hlava je v tzv. orientační poloze, dané rovinou zevního očního koutku a horním úponem ušního boltce. Měří se výška bodu verte od roviny, na které vyšetřovaný stojí [34].



Obrázek č. 17 : Základní somatometrické body [34].

b) Stanovení tělesné hmotnosti

Vyšetřovaný stojí (opět jen v nejnútnejším oděvu a bez obuvi) uprostřed nosné plochy vázícího zařízení, měření s přesností na 100 g.

c) Stanovení obvodové proporcionality

Speciálním plastovým měřidlem se stanoví [35]:

- obvod krku,
- obvod hrudníku (ve výši maxilární u mužů),
- obvod břicha (klasicky v bodu ophalion),
- obvod hýždí (v místě největšího obvodu),
- obvody paže při její relaxaci (měření bicepsu, když je paže natažena dopředu) a flexi (měří se v poloviční vzdálenosti mezi akromion a olekranon),
- obvod předloktí,
- obvod stehna,
- obvod lýtky.

V praxi vznikl problém místa, na kterém se obvod břicha a obvodu hýždí měří. Obvod hýždí je jednoznačný, v místě největšího obvodu. Jinak je tomu s měřením břicha. Původní práce jej stanovovaly klasicky v rovině bodu omphalion. Pozdější studie doporučují měření uprostřed vzdálenosti horního okraje krusty a dolního okraje žeber. Tento postup je označován jako WHR (whist – hip ratio). Populární publikace, sledující zejména propagaci přípravků na „snížení tělesné hmotnosti“, užívají pojem měření obvodu břicha „v pase“. Jde o místo největšího zúžení trupu, které je zvláště charakteristické pro ženy; avšak výsledky takového způsobu měření obvodu břicha a následně dosazeného do indexu jsou také signifikantně odlišné od obou výše uvedených způsobů. Metodicky nejspolehlivějším způsobem měření obvodu břicha je v místě přesně definovatelném tj. přes bod omphalion [34].



Obrázek č. 19: Měření obvodu paže ve flexi



Obrázek č. 20: Měření obvodu lýtky

d) Stanovení hodnoty tuků v těle

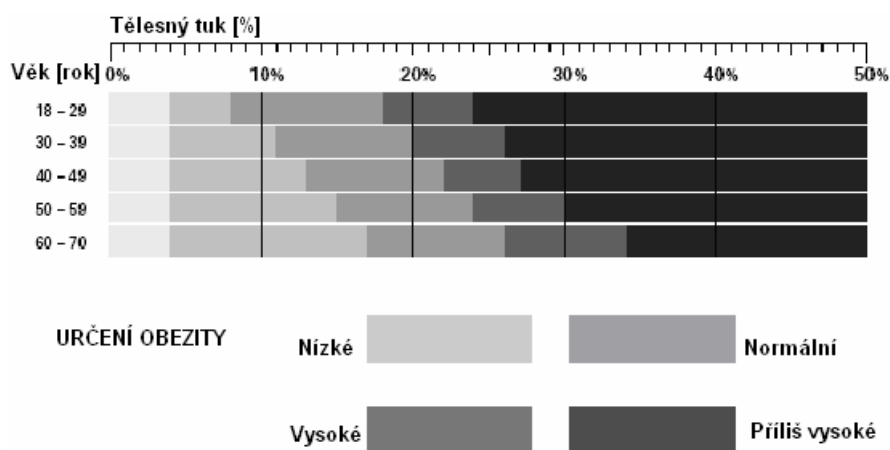
K měření tuků byl použit přístroj Omron BF302 měřící složení těla na základě odporu těla při průchodu proudu o vysoké frekvenci a nízké intenzitě. Elektrody jsou umístěny na madlech, které se uchopí rukama. Ruce svírají s tělem pravý úhel. Při měření byly dodrženy pokyny dle výrobce.



Obrázek č. 21: Uchopení madel přístroje Omron

e) BMI

Hodnota BMI (body mass index) se mezinárodně používá pro orientační stanovení tělesné váhy. Hodnota normální tělesné váhy pro muže je v rozmezí 18 – 24,5; pro sportovce 18 – 22. Hodnota BMI se vypočítá jako podíl tělesné hmoty (kg) a mocniny tělesné výšky (cm) [18].



Obrázek č. 22: Tabulkové hodnoty pro určení obezity mužů na základě množství tělesného tuku [41].

4.7 Analýza moči

Před začátkem studie, v průběhu a na konec studie byla odebrána studentům ranní moč, na lačno. V moči byly analyzovány koncentrace kreatininu a močoviny.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Denní strava

Sportovci byl vyplněn první týden jídelníček, na základě osobní konzultace byl zhodnocen a individuálně upraven, změna byla potvrzena v opětovném vyhodnocení jídelníčku po třetím a šestém týdnu. Hlavními stravovacími chybami byla přemíra smažených jídel a nedostatek ovoce a zeleniny. Z výživového hlediska byl pro kondičního kulturisty nízký obsah polysacharidů ve snídani. V některých případech byla v průběhu dne i nadměrná konzumace proteinů. Návrh vhodného jídelníčku je obsažen v příloze 3.

Rozborem jídelníčků sportovců byly zjištěny odlišnosti v množství přijímané dávky proteinů ve stravě a doplňcích stravy. Do tabulky č. 12 jsou zahrnuty všechny čtyři skupiny včetně **4. placebo skupiny – CHO**, která nepřijímala čisté proteiny. Z porovnání výsledků analýzy moči, kde byla nežádoucí nadměrná metabolizace látek a z porovnání pozitivních výsledků v antropologickém měření, lze doporučit příjem proteinů v rozpětí 1,6 – 2 g proteinů/kg tělesné hmotnosti pro kondičního kulturistu s intenzivním tréninkem, tzn. přibližně čtyři tréninkové jednotky týdně.

Tabulka č. 12: Analýza přísunu proteinů sledovaných sportovců

Přísun proteinů:	Množství proteinů v přepočtu na 80-ti kilového sportovce:
2krát denně + placebo	1,2 – 1,4 g proteinů/kg těl. hmotnosti
2krát denně + syrovátkové proteiny	1,6 – 1,8 g proteinů/kg těl. hmotnosti
3krát denně + syrovátkové proteiny	2 g proteinů/kg těl. hmotnosti
4krát denně + syrovátkové proteiny	2,3 g proteinů/kg těl. hmotnosti
5krát denně + syrovátkové proteiny	2,7 – 3 g proteinů/kg těl. hmotnosti

5.2 Sledování změn tělesných parametrů pomocí antropologických metod

5.2.1 Tělesná výška

Průměrná tělesná výška všech sportovců zúčastněných studie je $180,1 \pm 0,5$ cm. Srovnání tělesné výšky sportovců v jednotlivých skupinách dokládá tabulka č. 13.

Tabulka č. 13: Změřené průměrné hodnoty tělesné výšky (cm) jednotlivých skupin

Skupina	Průměrná těl. výška (cm)
1. skupina - Cr 2 g	$181,4 \pm 0,5$
2. skupina - Cr 6 g	$182,0 \pm 0,5$
3. skupina - Pro	$180,0 \pm 0,5$
4. placebo skupina – CHO	$177,0 \pm 0,5$

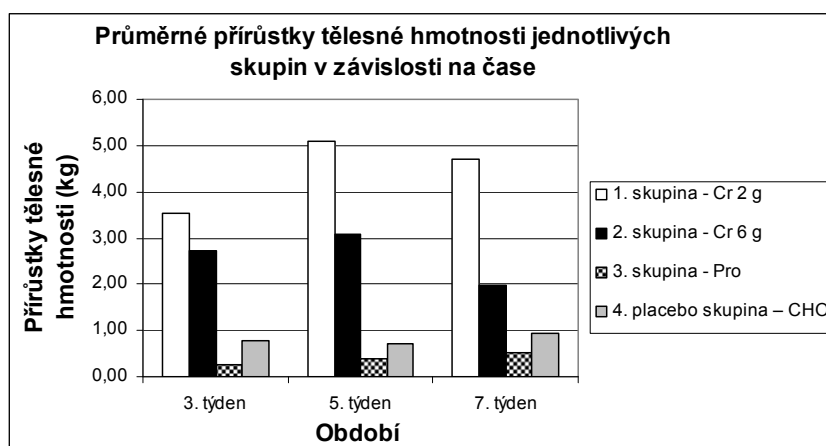
5.2.2 Tělesná hmotnost

Tabulka č. 14 uvádí zjištěný váhový přírůstek u jednotlivých skupin. Nejvýraznější váhový přírůstek byl zaznamenán u **1. skupiny – Cr 2g**. Tato skupina přijímala vedle proteinů a sacharidů udržovací množství 2 g kreatinu.

V grafu č. 2 jsou znázorněny průměrné přírůstky tělesné hmotnosti jednotlivých skupin v závislosti na čase. Protože tento graf udává rozdíly ve váhových přírůstcích, není váha zjištěná v prvním týdnu v grafu zobrazena.

Tabulka č. 14: Změřené průměrné hodnoty tělesné hmotnosti (kg) jednotlivých skupin

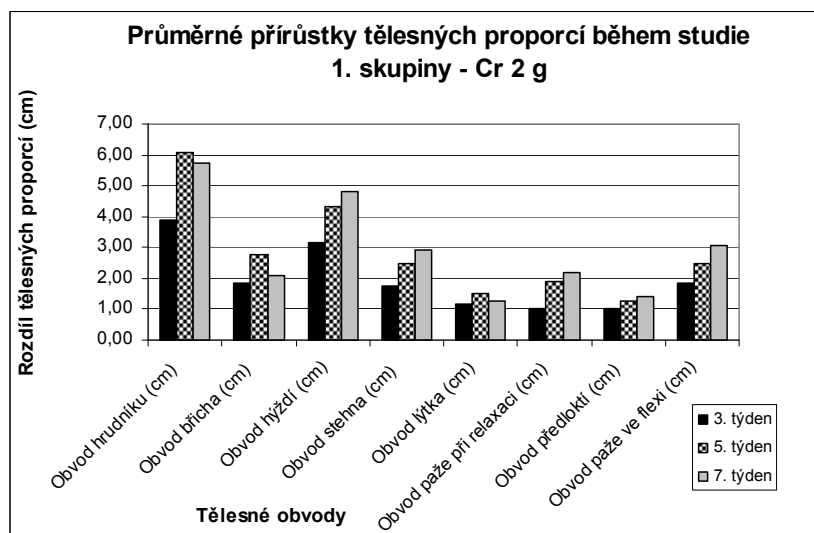
Skupina	1. týden	3. týden	5. týden	7. týden
1. skupina - Cr 2 g	77,87 ± 0,05	81,42 ± 0,05	82,95 ± 0,05	82,57 ± 0,05
2. skupina - Cr 6 g	81,69 ± 0,05	83,97 ± 0,05	84,18 ± 0,05	83,25 ± 0,05
3. skupina - Pro	87,17 ± 0,05	87,42 ± 0,05	87,55 ± 0,05	87,70 ± 0,05
4. placebo skupina - CHO	76,71 ± 0,05	77,50 ± 0,05	77,43 ± 0,05	77,64 ± 0,05



Graf č. 2: Změřené průměrné přírůstky tělesné hmotnosti jednotlivých skupin v závislosti na čase

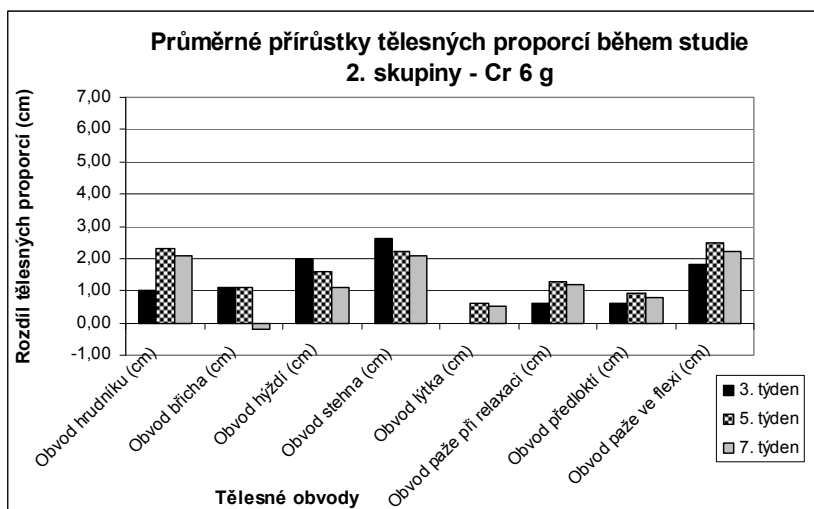
5.2.3 Zjištění změn obvodové proporcionality

a) Největší nárůst rozměrů tělesných obvodů byl u **1. skupiny – Cr 2 g**, který se nezastavil ani v 5. týdnu, jak je patrné z grafu č. 3. Tato stoupající tendence se změnila 6., 7. týden a přírůstek obvodové proporcionality nebyl tak výrazný. Tato skupina zároveň vykazovala největší přírůstky tělesných obvodů.



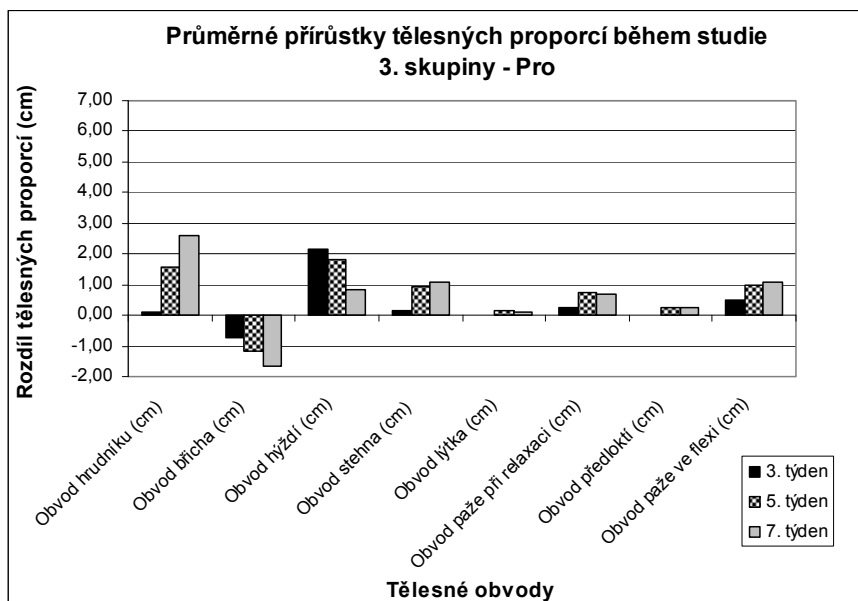
Graf č. 3: Zaznamenaný přírůstek obvodové proporcionality během studie 1. skupiny – Cr 2 g

b) U 2. skupiny – Cr 6 g došlo k největším změnám tělesných proporcí až ve třetím týdnu studie a byly zaznamenány i v týdnu pátém. Změny proporcí v následujících týdnech studie (4. – 5. týden) byly do značné míry individuální. Poslední dva týdny studie došlo k mírnému poklesu přírůstku tělesných proporcí (viz graf č. 4).



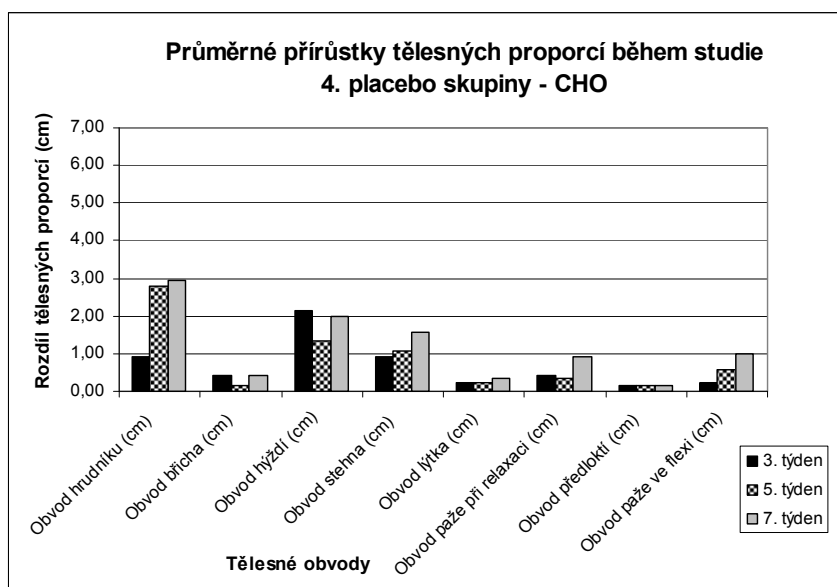
Graf č. 4: Zaznamenaný přírůstek obvodové proporcionality během studie 2. skup. – Cr 6 g

c) Skupina, která suplementovala pouze proteiny (**3. skupiny – Pro**), měla největší přírůstek v pátém týdnu studie, jak dokládá graf č. 5.



Graf č. 5: Zaznamenaný přírůstek obvodové proporcionality během studie 3. skupiny – Pro

d) Skupina čtvrtá, která suplementovala pouze sacharidy (**4. placebo skupina – CHO**) zaznamenala přírůstek tělesných rozměrů třetí týden, přičemž hodnoty pátého a sedmého týdne se lišily, jak ukazuje graf č. 6. U některých sportovců se tělesné proporce zvyšovaly a u jiných měly klesající tendenci.



Graf č. 6: Zaznamenaný přírůstek obvodové proporcionality během studie 4. placebo skupiny – CHO

Celkové hodnocení po sedmi týdnech studie, kdy již dva týdny nebyly brány žádné doplňky stravy a měření tělesných obvodů nezkreslovala retence vody ve svalech, bylo následující:

- největší přírůstek tělesných obvodů na konci studie zaznamenala **1. skupina – Cr 2 g**,
- až na výjimky druhé nejvýraznější výsledky dosáhla **2. skupina – Cr 6 g**,
- další výsledky je nutno hodnotit individuálně podle jednotlivých obvodů těla, např.:

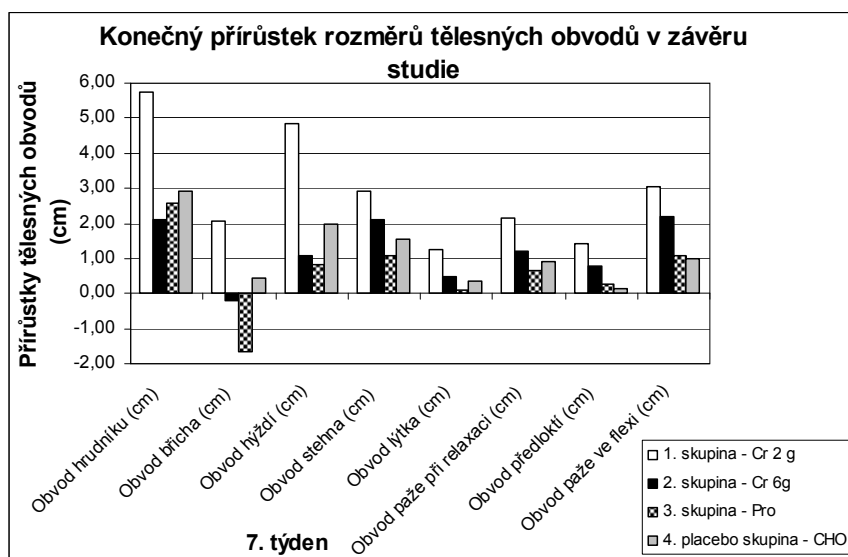
1) Hodnocení změn obvodu předloktí a paže ve flexi bylo v pořadí:

- **1. skupina – Cr 2 g**,
- **2. skupina – Cr 6 g**,
- **3. skupina – Pro**,
- v tomto hodnocení dopadla nejhůře **4. placebo skupina – CHO**.

2) Při hodnocení změn obvodu hrudníku se skupiny seřadily v sestupném pořadí:

- **1. skupina – Cr 2 g**,
- **4. placebo skupina – CHO**,
- **3. skupina – Pro**,
- **2. skupina – Cr 6**.

Finální přírůstky obvodové proporcionality v závěru studie jsou zaznamenány v grafu č. 7.



Graf č. 7: Zaznamenaný finální přírůstek obvodové proporcionality v závěru studie

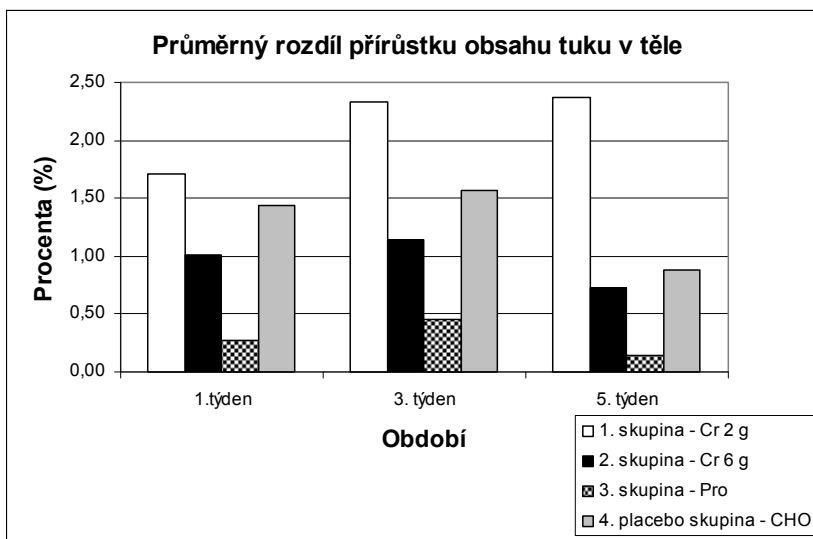
d) Měření tuků

Změna obsahu tuků v těle je seřazena od největšího průměrného přírůstku k nejmenšímu:

- 1) **1. skupina – Cr 2g**,
- 2) **4. placebo skupina – CHO**,
- 3) **2. skupina – 6 Cr**,
- 4) **3. skupina – Pro**.

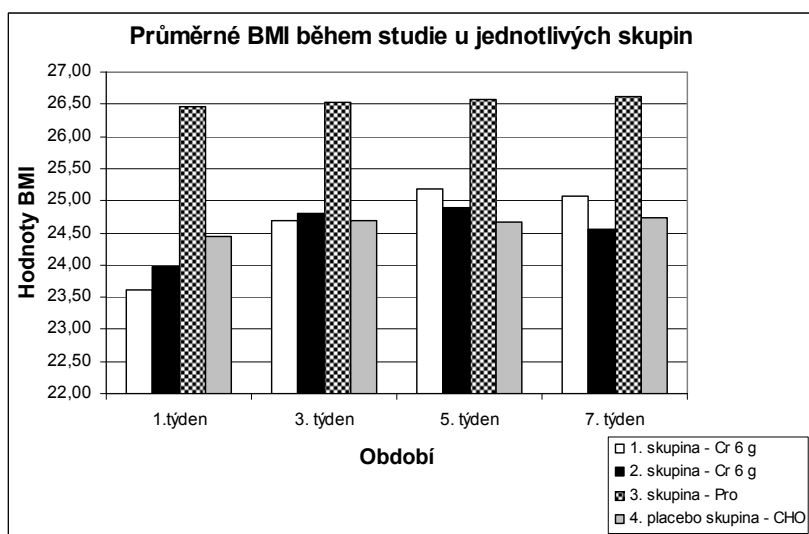
Bylo zjištěno, že s rostoucí svalovou hmotou roste i obsah tuků v těle. Toto zjištění koresponduje s jídelníčkem, který obsahuje hlavní složky živin v potravě. V této studii nešlo o rýsovací trénink, přesto byly během studie zaznamenány dva případy sportovců, kterým se podařilo nabrat svalovou hmotu a zároveň snížit obsah tuků v těle při stávajícím jídelníčku bez zvláštních úprav. Vysvětlením by mohla být specifická genetická výbava nebo reakce těla na intenzivní posilovací trénink, při kterém byla energie z největší míry získávána z tuků.

V grafu č. 8 jsou znázorněny průměrný rozdíl přírůstku obsahu tuků v těle, hodnoty prvního týdne jsou brány jako výchozí.



Graf č. 8: Zaznamenaný průměrný rozdíl přírůstku obsahu tuku v těle jednotlivých skupin

e) Změny hodnot BMI



Graf č. 9: Průměrné hodnoty BMI jednotlivých skupin

Z grafu č. 9 je patrné, že do pátého týdne hodnota BMI u všech skupin stoupala, sedmý týden došlo k následujícím změnám:

- 1) **1. skupina – Cr 2g** pokles hodnoty BMI,
- 2) **2. skupina – Cr 6g** pokles hodnoty BMI,
- 3) **3. skupina – Pro** mírný nárůst hodnoty BMI,
- 4) **4. placebo skupina – CHO** mírný nárůst hodnoty BMI.

Metoda výpočtu hodnot BMI jako ukazatele stavu člověka (podvýživa, obezita,..) se ukázala v případě studie sportovců jako nevhodná. Metoda nerozlišuje nárůst hmotnosti svalů a tuků, tedy v případě nárůstu v převážné míře svaloviny u sportovce, dle výpočtu BMI sportovec patřil mezi obézní lidi.

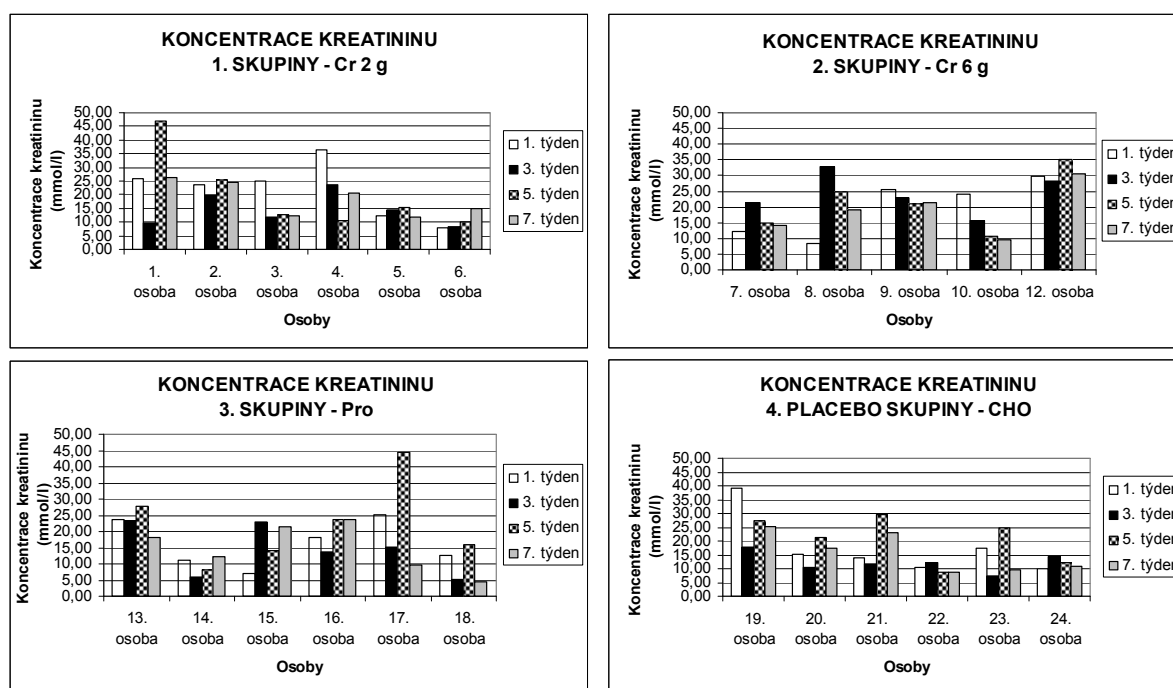
5.3 Analýza moči

Naměřené hodnoty koncentrací kreatininu a močoviny nebylo možné ve skupinách aritmeticky zprůměrovat, protože organizmus každého sportovce je natolik specifický, že vyžadoval individuální přístup se zohledněním na tělesnou stavbu měnící se v průběhu studie, na výpočet denního přísunu proteinů ve stravě a doplňcích stravy, eventuálně i připuštění krátkodobé zdravotní neschopnosti způsobené nemocí.

Největší množství vyloučeného kreatininu bylo zjištěno až na výjimky u **2. skupiny – Cr 6 g** a to především třetí týden studie, tedy u skupiny, která přijímala 6 gramů kreatinu denně.

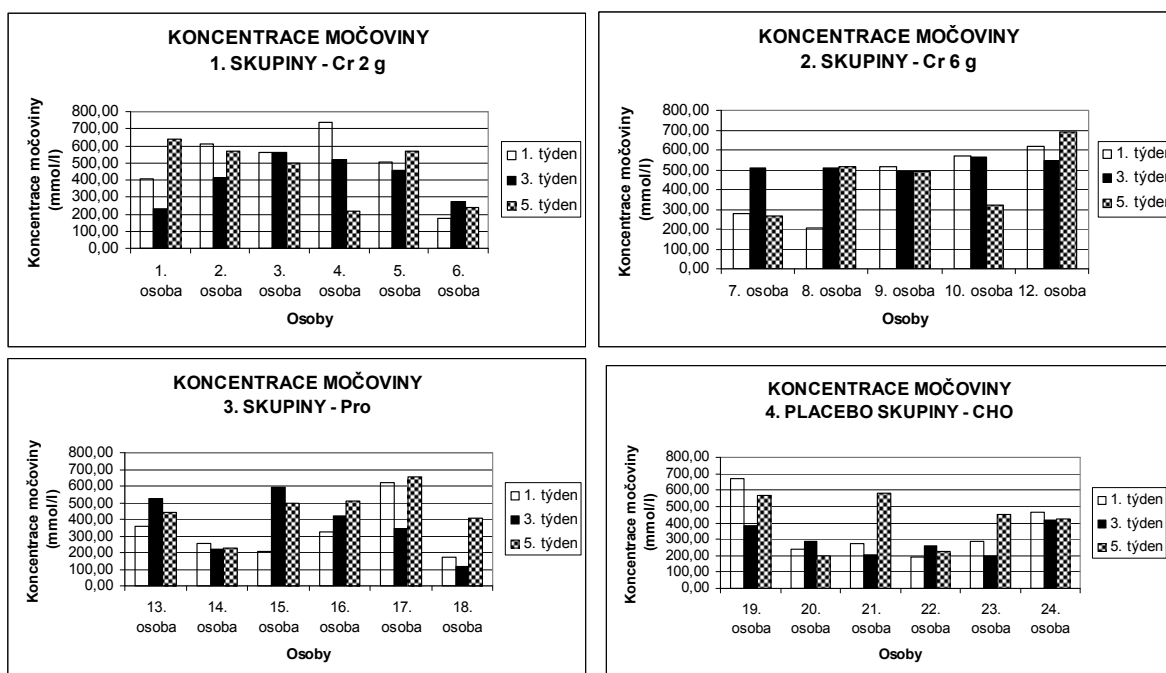
U **1. skupiny – Cr 2 g** zapadala metabolizace kreatinu do referenčního rozmezí a zároveň výsledky antropometrického měření dopadly u této skupiny nejlépe. Z individuálního hodnocení jednotlivce lze udělat závěr, že platí přímá úměra mezi množstvím svaloviny a množstvím vyloučeného kreatininu moči. Tedy, čím více svaloviny sportovec disponuje, tím větší množství kreatininu vyloučí v moči. Zvýšená produkce kreatininu může být také způsobena při nadměrné fyzické námaze nebo při velkém příjmu proteinů.

V grafech č. 10 jsou znázorněny naměřené hodnoty koncentrace kreatininu všech skupin v daném období.



Grafy č. 10: Naměřené hodnoty koncentrace kreatininu 1., 3., 5., 7. týden studie jednotlivých skupin

1. skupina – Cr 2 g, **2. skupina – 6 g** a **3. skupina – Pro** vykazují vyšší hodnoty koncentrace močoviny než **4. placebo skupina – CHO** (viz grafy č. 11). V rozboru závislosti množství vyloučené močoviny v moči a změn tělesného stavu sportovce v průběhu studie bylo zjištěno, že v případě nárůstu svaloviny hodnota koncentrace močoviny klesá a naopak, v případě úbytku svaloviny hodnota koncentrace močoviny stoupá.



Grafy č. 11: Naměřené hodnoty koncentrace močoviny 1., 3., 5., 7. týden studie jednotlivých skupin

6 ZÁVĚR

V první části diplomové práce jsem se zabývala literární rešerší pojednávající komplexně o svalech, základních metabolických drahách, o pohybové aktivitě, sportovní výživě a doplňcích stravy.

Hlavním cílem této práce bylo testovat vhodnou dávku potravních doplňků pro zvýšení výkonnosti a pozitivní změnu tělesných proporcí sportovců.

Bylo vybráno 25 kondičních kulturistů, kteří podstoupili intenzivní posilovací trénink. Sportovcům byla 5 týdnů podávána definovaná množství vybraných doplňků stravy (kreatin, proteiny a sacharidy), v různých množstvích podle rozdělení sportovců do skupin. Po dobu sedmi týdnů byly měřeny antropologické změny, v moči byl analyzován vyloučený kreatinin a močovina, byla monitorována skladba jídelníčku.

Mezi hlavní výsledky studie patří:

- **Největší váhový přírůstek** odpovídal **1. skupině – Cr 2 g**, která v doplňcích stravy přijímala nejmenší množství kreatinu, proteiny a sacharidy, což potvrdily i největší naměřené hodnoty obvodové proporcionality. Naopak nejmenší váhový přírůstek zaznamenala **3. skupina – Pro** (v doplňcích stravy pouze proteiny) a **4. placebo skupina – CHO**.
- Při **měření obsahu tuků v těle** byla zjištěna přímá úměra mezi růstem svaloviny a zvyšováním se množství tuků. Naměřené hodnoty přístrojem Omron, který vykazuje značné odchylky, jsou pouze orientační. Taktéž metoda výpočtu hodnot BMI jako ukazatele stavu člověka se ukázala v případě sportovců jako nevhodná. Metodou není možné rozlišit množství tukové a svalové hmoty.
- **Analýzou moči** byly stanoveny hodnoty kreatininu a močoviny. **2. skupina – Cr 6 g** vykazovala zvýšenou metabolizaci kreatininu. **1. skupina – Cr 2 g** metabolizaci kreatininu zapadala do referenčního rozmezí a přitom měla nejlepší výsledky z antropologického měření. Byla zjištěna souvislost mezi množstvím svaloviny a koncentrací kreatininu vyloučeného v moči. Čím větším množstvím svaloviny sportovec disponuje, tím větší koncentrace kreatininu byly nalezeny v moči. **1. skupina – Cr 2 g, 2. skupina – 6 g** a **3. skupina – Pro** vykazovaly vyšší hodnoty koncentrace močoviny než **4. placebo skupina – CHO**. Z naměřených hodnot koncentrací močoviny bylo zjištěno, že v případě nárůstu svaloviny hodnota koncentrace močoviny klesá a naopak, v případě úbytku svaloviny hodnota koncentrace močoviny stoupá.
- Na základě porovnání výsledků analýzy moči, kde byla nežádoucí nadměrná metabolizace látek, porovnáním pozitivních výsledků v antropologickém měření a rozbořením jídelníčku, kde byly zjištěny odlišnosti v množství přijímané dávky proteinů ve stravě, lze doporučit **příjem proteinů** v rozpětí 1,6 – 2 g proteinů/kg těl. hmotnosti pro kondičního kulturistu s intenzivním tréninkem, tzn. cca. čtyři tréninkové jednotky týdně.
- V mnohých případech se muselo přistupovat ke sportovci individuálně, protože celková hodnocení by výrazně zkreslila sledované parametry.

Z výsledků studie vyplývá zjištění, že pro pozitivní změnu tělesných proporcí kondičního kulturisty stačí nízký příjem kreatinu v doplňcích stravy (tedy 2 gramy kreatinu monohydrátu). Vyšší příjem již zatěžuje tělo nadměrnou metabolizací kreatinu. Pro zajištění doporučené konzumace proteinů je vhodné kombinovat běžnou stravu s čistými proteiny.

Pro osobní úspěchy v kondiční kulturistice je nutný intenzivní trénink ve spojení s důslednou kontrolou stravovacích návyků.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Šantavý, F.: *Biochemie pro studující medicíny*. 1. vyd. Brno: Avicenum, 1975. 672 s. ISBN: 735-21-08/29
- [2] Hoffman, J. R.: Protein – which is best?. *Journal of Sports Science and Medicine* [online]. 2004, září [cit. 1. září 2004].
Dostupné na www: <http://www.jssm.org/vol3/n3/2/v3n3-2abst.php>
- [3] Allison, S. P.: *Basic in clinical nutrition*. 3. vyd. Praha: Galén, 2004. 460 s. ISBN: 80-7262-292-7
- [4] Maughan, R. J., Burke, L. M.: *Výživa ve sportu*. 1. vyd. Praha: Galén, 2006. 311 s. ISBN: 0-632-05814-5
- [5] Doležalová, V.: *Principy biochemických vyšetřovacích metod 1. část*. 1. vyd. Brno: IDV SZP, 1990. 374 s. ISBN: 80-7013-081-4
- [6] Holeček, M.: *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 2006. 288 s. ISBN 80-247-1562-7.
- [7] Racek, J., *Klinická biochemie*. 2. vyd. Praha: Galén, 2006. 329 s. ISBN 80-7262-324-9.
- [8] Campbell, N. A., Reece, J. B.: *Biologie*. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2006. 1332 s. ISBN: 80-251-1178-4
- [9] Welbrun, H. M.: *Výživa a tělesná zátěž*. 5. vyd. Brno: FITNET, 2004. 100 s.
- [10] Clarková, N.: *Sportovní výživa pro pěknou postavu, dobrou kondici, výkonnostní trénink*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s. r. o., 2000. 272 s. ISBN 80-247-9047-5.
- [11] Fořt, P.: *Výživa (hlavně) pro kulturistiku a fitness*. 2. vyd., Pardubice: Svět kulturistiky, 1998. 151 s. ISBN 80-86462-21-8.
- [12] Embleton, P., Thorne, G.: *Suplementy ve výživě*. 1. vyd. Pardubice: Svět kulturistiky, 1999. 596 s. ISBN 80-902589-7-2
- [13] Fern, E. B., Bielinski, R. N., Schulz, Y.: Effects of exaggerated amino acid and protein supply in man. *CMLS* [online]. 2005, srpen [cit. 2005-08-01]. Dostupné z: <http://www.springerlink.com/content/n465285600145284/>
- [14] Lemon, P. W., Tarnopolsky, M. A., MacDougall, J. D., Atkinson, S. A.: Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1992, srpen [cit. 1992-08]. Dostupné z: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/73/2/767>
- [15] Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., MacDougall, J. D., Chesley, A., Philips, S., Schwarz, H. P.: Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1992, listopad [cit. 1992-11]. Dostupné z: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/73/5/1986?maxtoshow=&HITS=10&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=Tarnopolsky&andorexactfulltext=and&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>
- [16] Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., MacDougall, J. D.: Influence of protein intake and training status on nitrogen balance and lean body mass. *Journal of Applied Physiology* [online]. 1988, listopad [cit. 1988-11]. Dostupné z: <http://jap.physiology.org/cgi/content/abstract/64/1/187>

- [17] Hoffman, J. R., Ratamess, N. A., Kang, J., Falvo, M. J., Faigenbaum, A. D.: Effect of protein intake on strenght, body composition and endocrine changes in strength/power athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [online]. 2006, listopad [cit. 8. listopadu 2006]. Dostupné z: <http://www.sportsnutritionssociety.org/site/pdf/JISSN-3-2-12-18-06.pdf>
- [18] Neumann, G.: *Ernährung im Sport*. 1. vyd. Český Těšín: WSPA, 2007. 315 s. ISBN: 3-89124-930-6
- [19] George, A. O, Garry, D. J.: Myoglobin: an essential hemoprotein in striated muscle. *The Journal of Experimental Biology* [online]. 2004, srpen [cit. 31. srpna 2004]. Dostupné z: <http://jeb.biologists.org/cgi/content/full/207/20/3441>
- [20] Soumar, L.: *Kondice a zdraví*. 1. vyd. Praha: CASRI, 1996. 102 s.
- [21] Tlapák, P.: *Tvarování těla pro muže a ženy*. 4. vyd. Praha: ARSCI, 2004. 266 s. ISBN: 80-86078-41-8
- [22] Velíšek, J.: *Chemie potravin I*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN: 80-902391-3-7
- [23] Kadlec, P.: *Technologie potravin II*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002. 236 s. ISBN: 80-7080-510-2
- [24] 4fitness: *Pure Whey Protein* [online]. 2006, poslední revise 16.9.2006 [cit. 2006-09-16]. Dostupný z: <http://www.4fitness.cz/produkty/protein-pure-whey-protein-80-syrovatkovy-koncentrat-33mg-sodiku-p-48/>
- [25] Novák, F.: *Úvod do klinické biochemie*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2002. 341 s. ISBN: 80-246-0366-7
- [26] Schneiderka, P.: *Kapitoly z klinické biochemie*. 2. vyd. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2004. 365 s. ISBN: 80-246-0678-X
- [27] Karlson, P.: *Základy biochemie*. 3. vyd. Praha: Academia, 1981. 504 s. č. j. 20.370/79-31
- [28] Martiník, K.: *Výživa*. 1. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2005. 238 s. ISBN: 80-7041-354-9
- [29] Embledon, P., Thorne, G.: *Encyklopedie kulturistiky*. 1. vyd. Pardubice: Svět kulturistiky, 2001 639 s. ISBN 80-902589-0-5
- [30] CESA: *Základní informace* [online]. Dostupný z: <http://www.cesa.vutbr.cz/index.php?code=100>
- [31] Manninen, A. *Protein metabolism in exercising humans with special reference to protein supplementation* [PDF dokument]. Kuopion yliopisto: Lääketieteellinen tiedekunta, Marraskuu 2002. Dostupný z: www.cc.jyu.fi/~jjhulmi/Manninen.pdf
- [32] Murray, R. K.: *Harperova biochemie*. 2. vyd. Praha: H + H, 2001. 871 s. ISBN: 80-7319-0 03-6
- [33] Boháčková L., Kolouch V.: *Kulturistika žen*. 1. vyd. Brno: SAPRINT, 1991. 88 s.
- [34] Vilikus, Z., Brandejský, P., Novotný, V.: *Tělovýchovné lékařství*. 1. vyd. Praha: Karolinum, 2004. 257 s. ISBN: 80-246-0821-9
- [35] Hrnčiariková, D., Jurašková, B., Klemra, P., Zadáč, Z.: Antropometrická vyšetření a měření svalové síly u geriatrických pacientů. *ČES GER REV* [online]. 2007, leden [cit. 19. ledna 2006].
- [36] Mach, I.: *Doplňky stravy*. 1. vyd. Praha: Svoboda Servis, 2004. 157 s. ISBN: 80-86320-34-0

- [37] Hargreaves, M.: Muscle glycogen and metabolic regulation. *CAB International* [online]. 2004. Dostupný z: <http://www.cababstractsplus.org/google/abstract.asp?AcNo=20043090121>>
- [38] Mandelová, L.: Doplnky stravy nejen ve výživě sportovce. *Výživa a potraviny*, 2007, č. 4, s. 105-106. ISSN: 1211-846X
- [39] Kolouch, V., Kolouchová, L.: *Kondiční kulturistika*. 1. vyd. Praha: Olympia, 1990. 139 s. ISBN: 80-7033-041-4
- [40] Bulva, F.: *Kulturistika pro cvičitele kondiční kulturistiky 4., 3. a 2. třídy*. 1. vyd. Praha: Olympia, 1981.
- [41] Bioimpedanční metody používané v Laboratoři sportovní motoriky [doc dokument]. Laboratoř sportovní motoriky: UK FTVS, Praha. Dostupný z: <http://www.ftvs.cuni.cz/eknihy/sborniky/2003-11-20/rtf/P1-010%20-%20Stab%20skorlp-e.rtf>>
- [42] Omron – Healthcare [online]. *Omron Body Fat monitor BF306*. Dostupný z: <http://www.omron-healthcare.com/sitepreview.php?SiteID=283>>
- [43] Kratěnová, J.: *Prevalence obtíží pohybového aparátu a výskyt vadného držení těla u dětí* [online]. 2007, prosinec [prosinec 2006]. Dostupný z: www.szu.cz/chzp/zpravodaj/documents/zprav0404.doc>
- [43] *Fifty – fifth World Health Assembly: Diet, physical activity and health* [online]. 2002, květen [cit. 2002-05-18]. Dostupné z: http://www.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA55/ewha5523.pdf>
- [44] WHO European Ministerial Conference on Counteracting Obesity [online]. 2006, září [cit. 2002-09-19]. Dostupné z: http://www.euro.who.int/Document/NUT/Instanbul_conf_edoc10.pdf>
- [45] *Sbírka zákonů české republiky: Vyhláška č. 446/2004 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin potravními doplňky* [online]. 2004, srpen [2004-08-3]. Dostupný z: <http://www.szpi.gov.cz/cze/legislativa/article.asp?id=56474>>
- [46] Becque, M. D., Lochmann, J. D., Melrose, D. R.: Effect of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *MEDICINE & SCIENCE IN SPORTS & EXERCISE* [online]. 1997, prosinec [cit. 199-04]. Dostup. z: http://www.utpb.edu/courses/jeldridge/kine6362/ancillaryfiles/Becque_creatine.pdf>
- [47] Steffny, H., Pramann, U.: *Běh pro zdraví*. 1. vyd. Praha: Euromedia Group, 2003. 224 s. ISBN: 80-249-0163-3
- [48] Terjung, R. L., Clarkson, P.: The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *American college of sports medicine* [PDF dokument]. 2000, duben [cit. 8. dubna 2000]. Dostupné z: http://www.acsm.org/AM/Template.cfm?Section=Past_Roundtables&Template=/CM/ContentDisplay.cfm&ContentID=2832>

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ATP	adenosintrifosfát
ADP	adenosindifosfát
AMP	adenosinmonofosfát
AAS	aminokyselinové skóre
BCAA	aminokyseliny s rozvětveným řetězcem
BIA	bioimpedanční analýza
BMI	body mass index
Cr	kreatin
CESA	centrum sportovních aktivit
CHO	sacharidy
CP	kreatinfosfát
CS	chemické skóre
EAAI	index esenciálních aminokyselin
EE	energetický výdej
FAO	organizace OSN pro výživu a zemědělství
Hb	hemoglobin
HCA	kyselina hydroxycitrónová
HMB	beta-hydroxy-beta-methylbutyrát
Pro	proteiny
TEF	termický efekt potravy
VUT	Vysoké učení technické v Brně
WHO	Světová zdravotnická organizace

9 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Doplnky stravy, jejich množství, časový harmonogram příjmu potravních doplňků

Příloha 2: Tréninkový plán

Příloha 3: Návrh jídelníčku i s doplňky stravy

Příloha 4: Zdokumentované fotografie před a po studii

PŘÍLOHY

Příloha 1: Doplnky stravy, jejich množství, časový harmonogram příjmu potravních doplňků

Tabulky uvedené v příloze ukazují množství podávaných doplňků stravy v jednotlivé dny a týdny, obrázky znázorňují rozdělení denních dávek doplňků stravy v závislosti na čase.

Uvedené zkratky:

Cr – kreatin

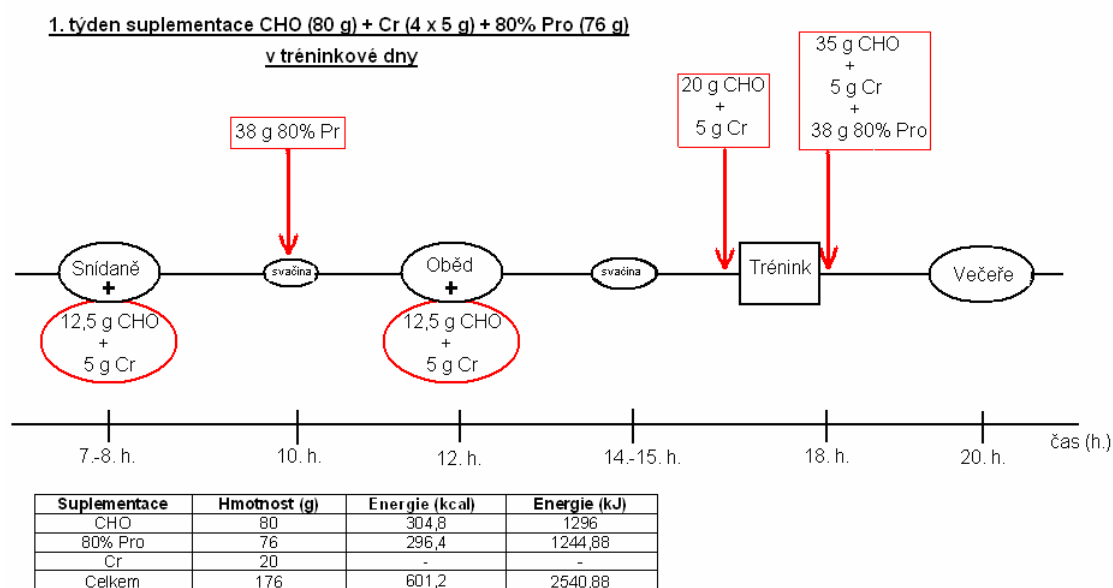
CHO – sacharidy

Pro - proteiny

a) 1. skupina – Cr 2 g

Tabulka přílohy č. 1: Skladba suplementace 1. týdne v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
ÚT - TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
ST	4 x 5 g	80 g	-
ČT - TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
PÁ - TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
SO	4 x 5 g	80 g	-
NE	4 x 5 g	80 g	-



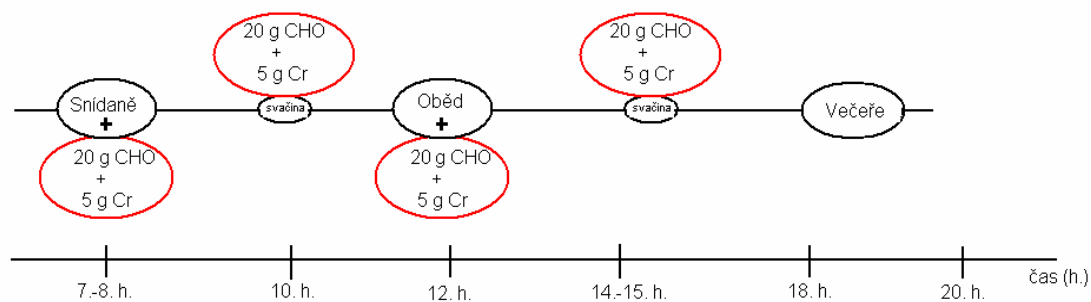
Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 12,5 g CHO + 5 g Cr (se snídaní)
2. 38 g 80% Pro (místo svačiny)
3. 12,5 g CHO + 5 g Cr (s obědem)
4. 20 g CHO + 5 g Cr (cca 15 min. před tréninkem)
5. 35 g CHO + 5 g Cr + 38 g 80% Pro (ihned po tréninku)

Obrázek přílohy č. 1: 1. týden suplementace 1. skupiny – Cr 2 g v tréninkové dny

1. týden suplementace CHO (80 g) + Cr (4 x 5 g)

v netréninkové dny



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	80	304,8	1296
Cr	20	-	-
Celkem	100	304,8	1296

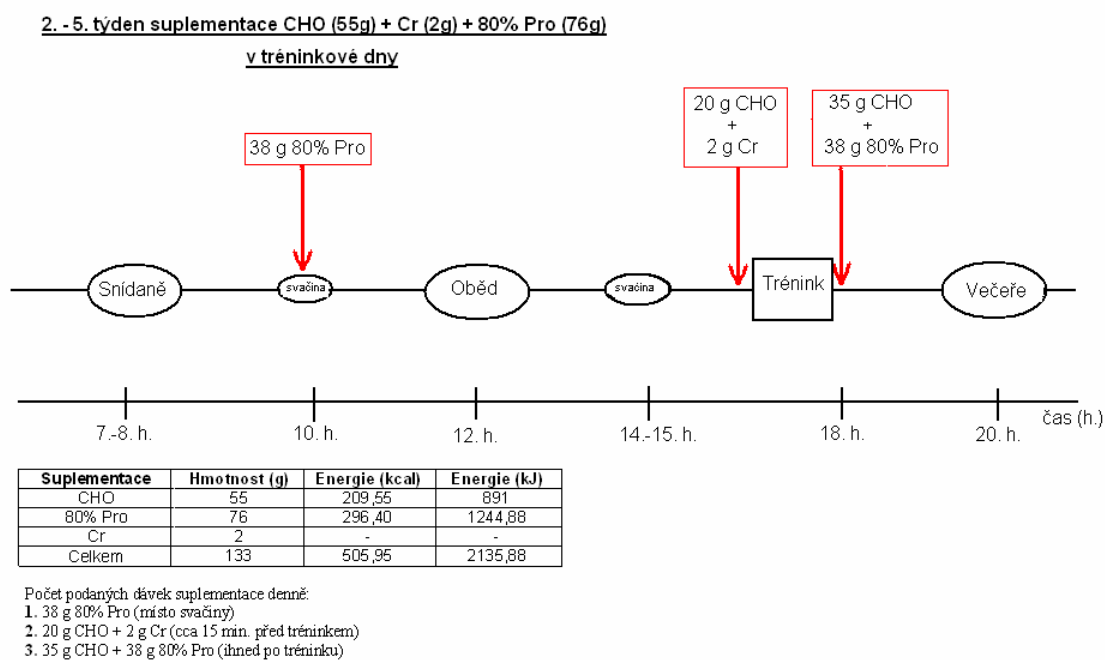
Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 20 g CHO + 5 g Cr (se snídaní)
2. 20 g CHO + 5 g Cr (se svačinou)
3. 20 g CHO + 5 g Cr (s obědem)
4. 20 g CHO + 5 g Cr (se svačinou)

Obrázek přílohy č. 2: 1. týden suplementace 1. skupiny – Cr 2 g ve dnech volna

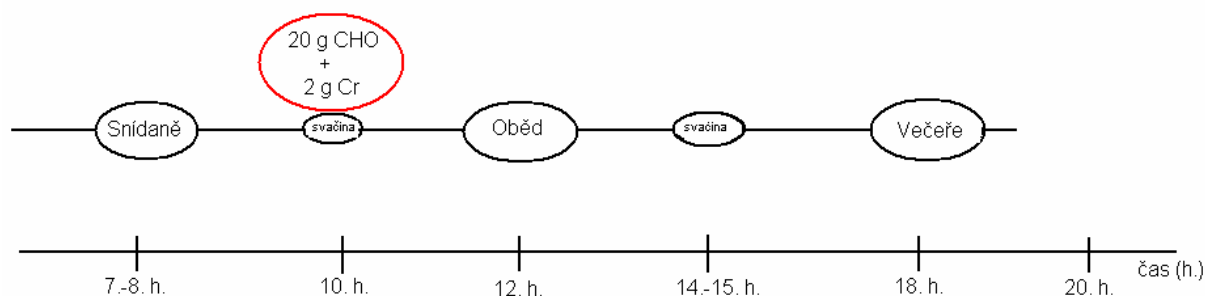
Tabulka přílohy č. 2: Skladba suplementace 2. – 5. týden v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	2 g	55 g	76 g
ÚT - TRÉNINK	2 g	55 g	76 g
ST	2 g	20 g	-
ČT - TRÉNINK	2 g	55 g	76 g
PÁ - TRÉNINK	2 g	55 g	76 g
SO	2 g	20 g	-
NE	2 g	20 g	-



Obrázek přílohy č. 3: 2. – 5. týden suplementace 1. skupiny – Cr 2 g v tréninkové dny

**2. - 5. týden suplementace CHO (20 g) + Cr (2 g)
v netréninkové dny**



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	20	80,8	340
Cr	2	-	-
Celkem	22	80,8	340

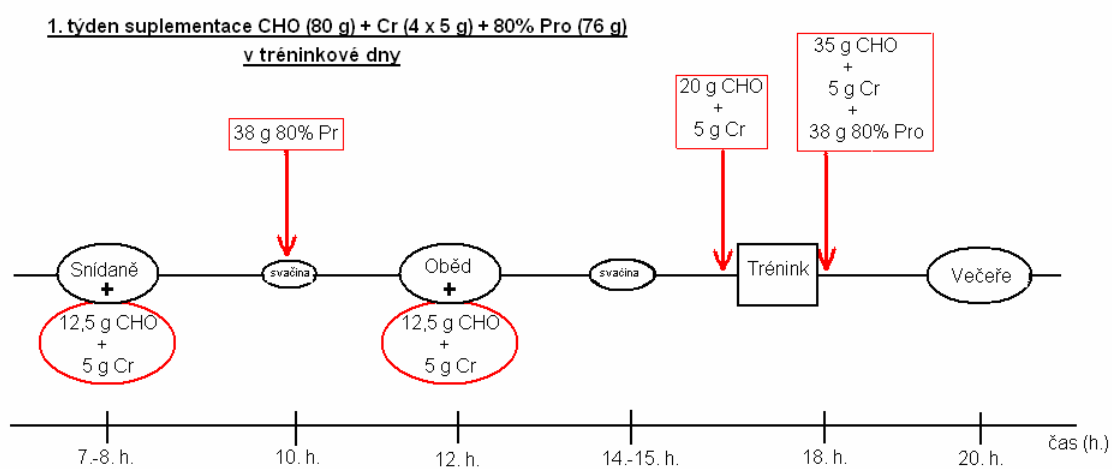
1. 20 g CHO + 2 g Cr (se svačinou)

Obrázek č. 4 : 2. – 5. týden suplementace 1. skupiny – Cr 2 g ve dnech volna

b) 2. skupina – Cr 6 g

Tabulka přílohy č. 3: Skladba suplementace 1. týdne v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
ÚT - TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
ST	4 x 5 g	80 g	-
ČT - TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
PÁ - TRÉNINK	4 x 5 g	80 g	76 g
SO	4 x 5 g	80 g	-
NE	4 x 5 g	80 g	-



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	80	304,8	1296
80% Pro	76	296,4	1244,88
Cr	20	-	-
Celkem	176	601,2	2540,88

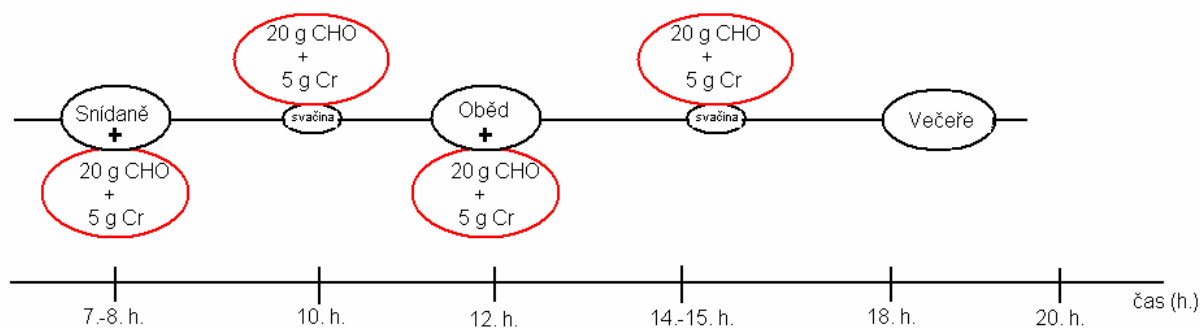
Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 12,5 g CHO + 5 g Cr (se snídaní)
2. 38 g 80% Pro (místo svačiny)
3. 12,5 g CHO + 5 g Cr (s obědem)
4. 20 g CHO + 5 g Cr (cca 15 min. před tréninkem)
5. 35 g CHO + 5 g Cr + 38 g 80% Pro (ihned po tréninku)

Obrázek přílohy č. 5: 1. týden suplementace 2. skupiny – Cr 6 g v tréninkové dny

1. týden suplementace CHO (80 g) + Cr (4 x 5 g)

v netréninkové dny



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	80	304,8	1296
Cr	20	-	-
Celkem	100	304,8	1296

Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 20 g CHO + 5 g Cr (se snídaní)
2. 20 g CHO + 5 g Cr (se svačinou)
3. 20 g CHO + 5 g Cr (s obědem)
4. 20 g CHO + 5 g Cr (se svačinou)

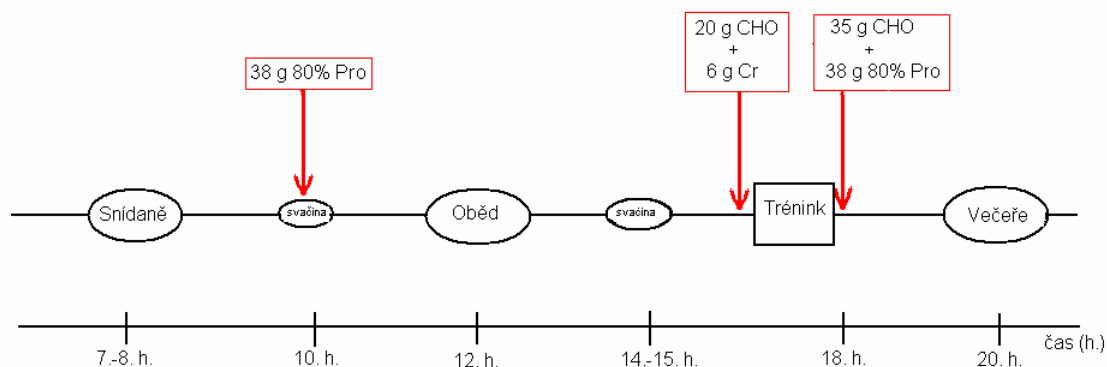
Obrázek přílohy č. 6: 1. týden suplementace 2. skupiny – Cr 6 g ve dnech volna

Tabulka přílohy č. 4: Skladba suplementace 2. – 5. týden v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	6 g	55 g	76 g
ÚT - TRÉNINK	6 g	55 g	76 g
ST	6 g	20 g	-
ČT - TRÉNINK	6 g	55 g	76 g
PÁ - TRÉNINK	6 g	55 g	76 g
SO	6 g	20 g	-
NE	6 g	20 g	-

2. - 5. týden suplementace CHO (55 g) + Cr (6 g) + 80% Pro (76g)

v tréninkové dny



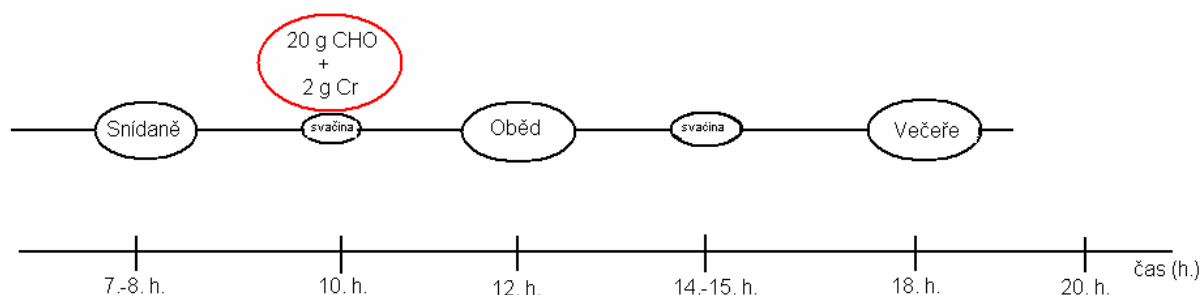
Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	55	209,55	891
80% Pro	76	296,40	1244,88
Cr	6	-	-
Celkem	137	505,95	2135,88

Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 38 g 80% Pro (místo svačiny)
2. 20 g CHO + 6 g Cr (cca 15 min. před tréninkem)
3. 35 g CHO + 38 g 80% Pro (ihned po tréninku)

Obrázek přílohy č. 7: 2. – 5. týden suplementace 2. skupiny – Cr 6 g v tréninkové dny

2. - 5. týden suplementace CHO (20 g) + Cr (6 g)
v netréninkové dny



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	20	80,8	340
Cr	6	-	-
Celkem	6	80,8	340

Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 20 g CHO + 6 g Cr (se svačinou)

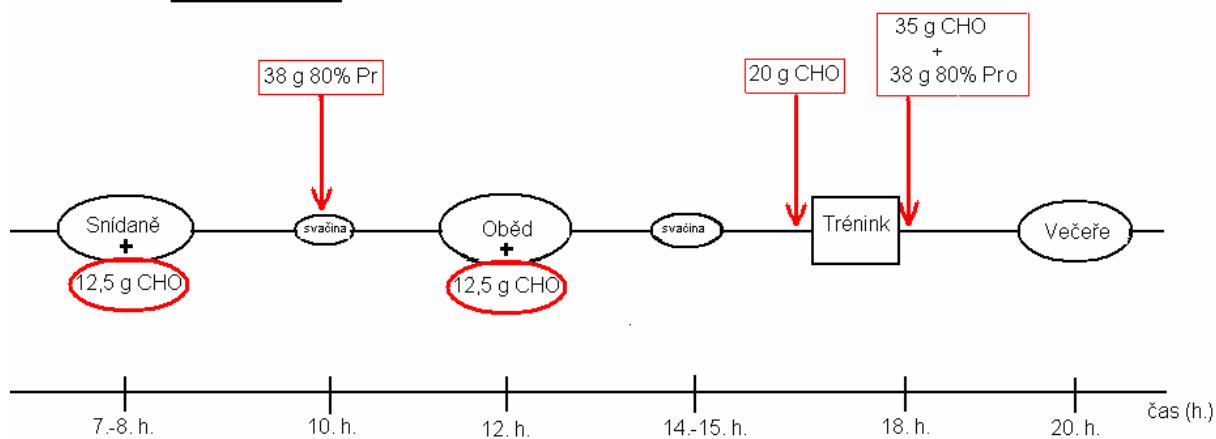
Obrázek přílohy č. 8: 2. – 5. týden suplementace 2. skupiny – Cr 6 g ve dnech volna

c) 3. skupina – Pro

Tabulka přílohy č. 5: Skladba suplementace 1. týdne v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	-	80 g	76 g
ÚT – TRÉNINK	-	80 g	76 g
ST	-	80 g	-
ČT – TRÉNINK	-	80 g	76 g
PÁ - TRÉNINK	-	80 g	76 g
SO	-	80 g	-
NE	-	80 g	-

**1. týden suplementace CHO (80 g) + 80% Pro (76 g)
v tréninkové dny**



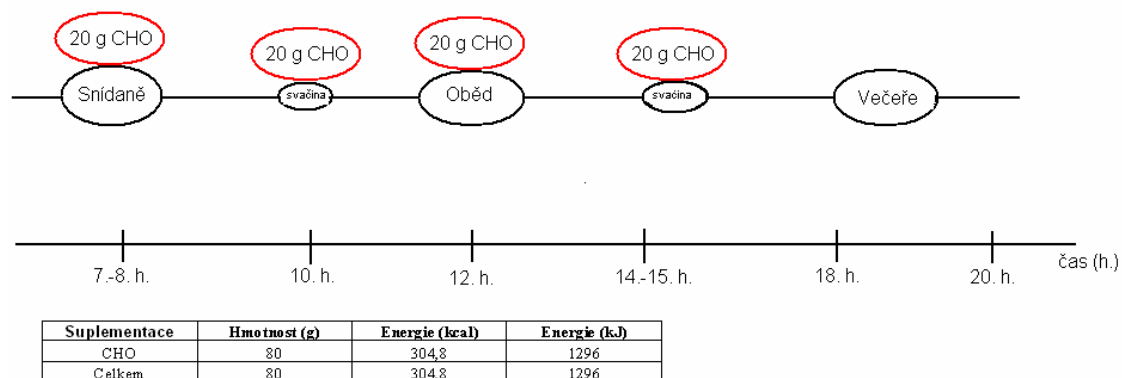
Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	80	304,8	1296
80% Pro	76	296,4	1244,88
Celkem	156	601,2	2540,88

Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 12,5 g CHO
2. 38 g 80 % Pro (místo svačiny)
3. 12,5 g CHO (s obědem)
4. 20 g CHO (cca 15 min. před tréninkem)
5. 35 g CHO + 38 G 80 % Pro (ihned po tréninku)

Obrázek přílohy č. 9 : 1. týden suplementace 3. skupiny – Pro v tréninkové dny

1. týden suplementace CHO (80 g)
v netréninkové dny



Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 20 g CHO (se snídaní)
2. 20 g CHO (se svačinou)
3. 20 g CHO (s obědem)
4. 20 g CHO (se svačinou)

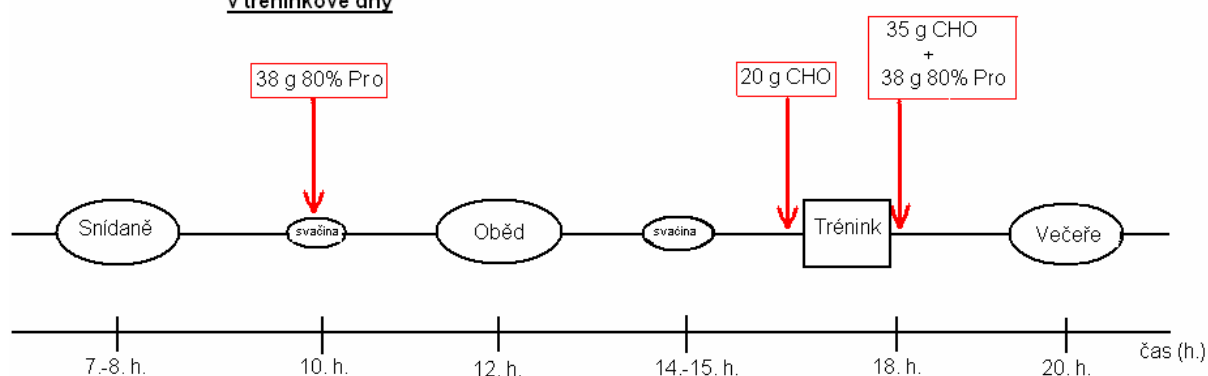
Obrázek přílohy č. 10: 1. týden suplementace 3. skupiny – Pro g ve dnech volna

Tabulka přílohy č. 6: Skladba suplementace 2. – 5. týden v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	-	55 g	76 g
ÚT - TRÉNINK	-	55 g	76 g
ST	-	20 g	-
ČT - TRÉNINK	-	55 g	76 g
PÁ - TRÉNINK	-	55 g	76 g
SO	-	20 g	-
NE	-	20 g	-

2. - 5. týden suplementace CHO (55 g) + 80% Pro (76 g)

v tréninkové dny



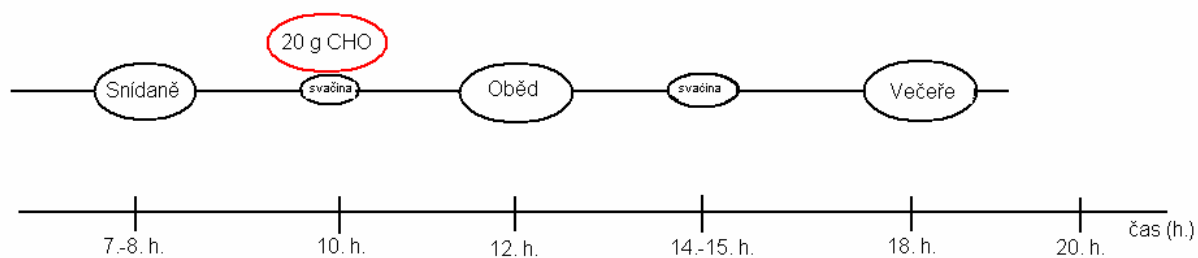
Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	55	209,55	891
80% Pro	76	296,40	1244,88
Celkem	131	505,95	2135,88

Počet podaných dávek suplementace denně:

1. 38 g 80% Pro (místo svačiny)
2. 20 g CHO (cca 15 min. před tréninkem)
3. 35 g CHO + 38 g 80% Pro (ihned po tréninku)

Obrázek přílohy č. 11: 2. – 5. týden suplementace 3. skupiny – Pro v tréninkové dny

2. - 5. týden suplementace CHO (20 g)
v netréninkové dny



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	20	80,8	340
Celkem	20	80,8	340

Počet podaných dávek suplementace denně:
 1. 20 g CHO (se svačinou)

Obrázek přílohy č. 12: 2. – 5. týden suplementace 2. skupiny – Cr 6 g ve dnech volna

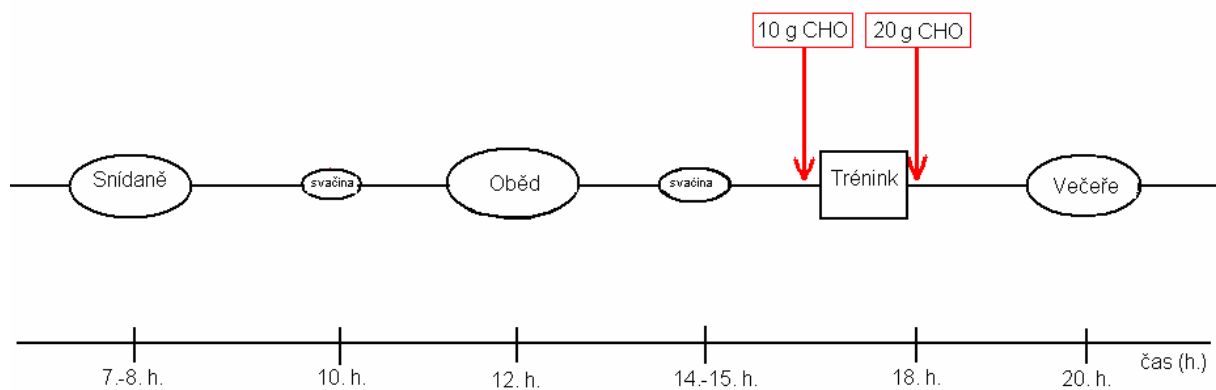
d) 4. placebo skupina – CHO

Tabulka přílohy č. 7: Skladba suplementace 1. týdne v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	-	30 g	-
ÚT - TRÉNINK	-	30 g	-
ST	-	30 g	-
ČT - TRÉNINK	-	30 g	-
PÁ - TRÉNINK	-	30 g	-
SO	-	30 g	-
NE	-	30 g	-

1. týden 1. placebo suplementace CHO (30 g)

v tréninkové i netréninkové dny



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	30	121,2	510
Celkem	30	121,2	510

Počet dávek suplementace denně:

1. 10 g CHO (před tréninkem)

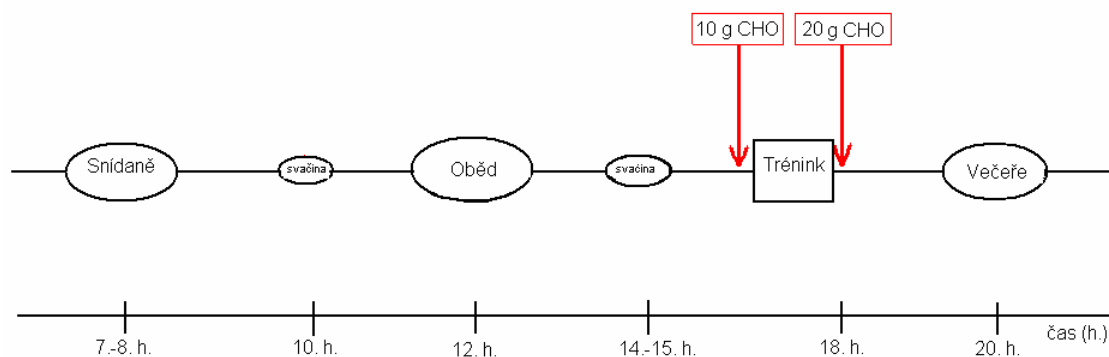
2. 20 g CHO (po tréninku)

Obrázek přílohy č. 13: 1. týden suplementace 4. placebo skupiny – CHO v tréninkové dny a dny volna

Tabulka přílohy č. 8: Skladba suplementace 2. – 5. týden v dny posilování a v dny volna

	Cr	CHO	Pro
PO – TRÉNINK	-	30 g	-
ÚT - TRÉNINK	-	30 g	-
ST	-	-	-
ČT - TRÉNINK	-	30 g	-
PÁ - TRÉNINK	-	30 g	-
SO	-	-	-
NE	-	-	-

2. - 5. týden placebo suplementace CHO (30g)
v tréninkové dny



Suplementace	Hmotnost (g)	Energie (kcal)	Energie (kJ)
CHO	30	121,2	510
Celkem	30	121,2	510

Počet dávek suplementace denně:

1. 10 g CHO (před tréninkem)
2. 20 g CHO (po tréninku)

Obrázek přílohy č. 14: 2. – 5. týden suplementace 4. placebo skupiny – CHO v tréninkové dny

Příloha 2: Tréninkový plán

1. den

Sval. partie	Cvik	1. série	2. série	3. série	4. série
Prsa	Benchpress nebo jednoručky na rovné lavici	8 opak.	6 opak.	4 opak.	8 opak.
	Multipress nebo jednoručky na šikmé lavici hlavou dolů	6 – 8 opak.	6 – 8 opak.	6 – 8 opak.	-
	Peck - deck	10 – 12 opak.	10 – 12 opak.	-	-
Ramena	Tlaky s jednoručkami nebo na stroji	10 opak.	8 opak.	6 opak.	-
	Upažování	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	-	-
	Rozpažování v předklonu	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	-	-
Břicho (přímé)	Zkracovačky	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	-
	Přednosy ve visu popř. zdvihání kolen	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	-

2. den

Sval. partie	Cvik	1. série	2. série	3. série	4. série	5. série
Stehna	Předkopávání	10 - 15 opak.	10 - 15 opak.	-	-	-
	Leg - press	12 opak.	10 opak.	8 opak.	6 opak.	10 opak.
	Hacken - dřepy	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	-	-
	Zakopávání	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.		
Lýtka	Výpony ve stoje na stroji	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	-	-
	Výpony v sedě	10 – 15 opak.	10 – 15 opak.	10 – 15 opak.	-	-

3. den - volno

4. den

Sval. partie	Cvik	1. série	2. série	3. série	4. série
Záda	Hrazda nebo hrazda s dopomocí	8 - 10 opak.	8 - 10 opak.	8 - 10 opak.	-
	Přítahy horní kladky za hlavu	6 – 8 opak.	6 – 8 opak.	6 – 8 opak.	-
	Přítahy spodní kladky úzký úchop	8 - 10 opak.	8 - 10 opak.	8 - 10 opak.	-
	Vzpřimování	max.	max.	max.	-
Trapéz	Pozdvihy jednoruček ve stoje	8 -10 opak.	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	-
	Kroužení ramen v sedě	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	-
Břicho (šikmé)	Zkracovačky s vytáčením	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	-
	Metronomy	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	-

5. den

Sval. partie	Cvik	1. série	2. série	3. série	4. série
Ruce	Biceps – zdvihy jednoručky ve stoje s vytáčením	6 - 8 opak.	6 - 8 opak.	-	-
	Triceps – stlačování kladky před tělem	8 - 10 opak.	8 - 10 opak.	-	-
	Biceps – Scotova lavice EZ činka	6 - 8 opak.	6 - 8 opak.	6 - 8 opak.	-
	Triceps – francouzský tlak	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	8 – 10 opak.	-
	Biceps – zdvih spodní kladka	8 -10 opak.	8 - 10 opak.	-	-
	Stahování provazu obouruč	10 - 12 opak.	10 - 12 opak.	-	-
Břicho (přímé)	Zkracovačky	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	-
	Přenosy ve visu popř. zdvíhání kolen	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	8 – 12 opak.	-

6. den – volno

7. den - volno

Příloha 3: Návrh jídelníčku i s doplňky stravy

Snídaně

Potravina	Množství	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
Ovesné vločky s vlákninou	50 g	660	161,5	5,8	3,6	25,4
Activia bílá		377,5	90	5,5	4,1	7,8
Slunečnice loupaná	20 g	487,2	116,4	5,4	9,8	2,5
Banán	1 ks	247	59	0,8	0,1	15,4
Jablko	1 ks	209	50	0,3	0,4	12,9
Mléko polotučné	200 ml	384	90	6,6	3	9,6
Doplňěk str. – CHO	12,5	212,5	50,5	-	-	12,4
Celkem		2577,2	617,4	24,4	20,9	85,8

Svačina

Doplňěk stravy	Množství	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
80% Pro	38 g	622,5	148,2	30,4	2,3	2,3
Celkem		622,5	148,2	30,4	2,3	2,3

Oběd

Potravina	Množství	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
Hovězí vývar s nudlemi	0,33 l	490	117	7,2	2,9	15,5
Krůtí steak v jarním koření	150 g	712,5	170,29	34,8	3	-
Rýže	200 g	2992	714	13,4	0,8	160,8
Rajčatový salát		301	72	1,1	5,1	6
Doplňěk stravy – CHO	12,5	212,5	50,5	-	-	12,4
Celkem:		4708	1123,8	56,5	11,8	194,7

Svačina

Potravina	Množství	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
Müsli tyčinka oříšková	30 g	563,7	134,7	2,7	5,7	18
Kiwi	1 ks	192	45,9	-	-	12
Vlašské ořechy	20 g	564,4	134,9	3,7	12,1	4,3
Celkem		1320,1	315,5	6,4	17,8	34,3

Před tréninkem

Doplněk stravy	Množství	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
CHO	20 g	340	80,8	-	-	19,8
Celkem	20 g	340	80,8	-	-	19,8

Po tréninku

Doplněk stravy	Množství	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
CHO	35 g	595	141,4	-	-	34,7
80% Pro	38 g	622,4	148,2	30,4	2,28	2,3
Celkem	35 g	1217,4	289,6	30,4	2,28	37

Večeře

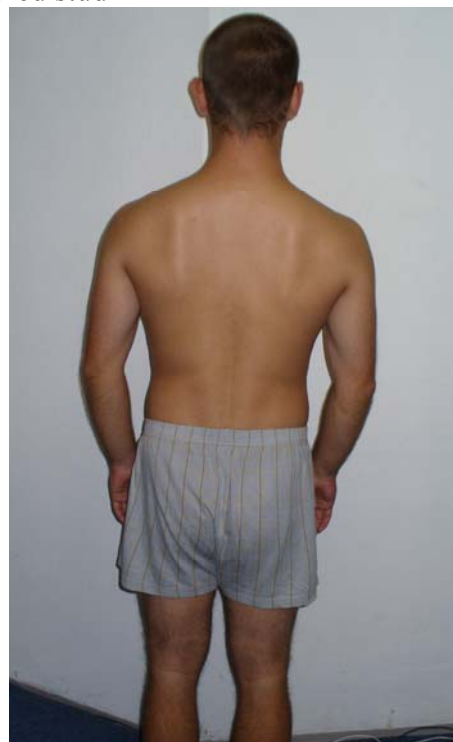
Potravina	Množství	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
Kuřecí steak	150 g	490,5	117,2	21,8	7,5	-
Míchaná zelenina		448	107	2,2	6,5	10,7
Celkem:		938,5	224,2	24	14	10,7

Celková energetická hodnota denní stravy s doplňky stravy:

	Energie (kJ)	Energie (kcal)	Proteiny (g)	Tuky (g)	Sacharidy (g)
Snídaně	2577,2	617,4	24,4	21	85,8
Svačina	622,4	148,2	30,4	2,3	2,3
Oběd	4708	1123,8	56,5	11,8	194,7
Svačina	1320,1	315,5	6,4	17,8	34,3
Před tréninkem	340	80,8	-	-	19,8
Po tréninku	1217,4	289,6	30,4	2,3	37
Večeře	938,5	224,2	24	14	10,7
Celkem	10672,1	2548,2	162,9	47,2	377,78
Převod na energii v kJ			2769,8	1842,2	6422,4
Převod na energii v kcal			662	440,3	1534,9
Celkem %	100	100	26	17,3	60,2

Příloha 4: Zdokumentované fotografie před a po studii

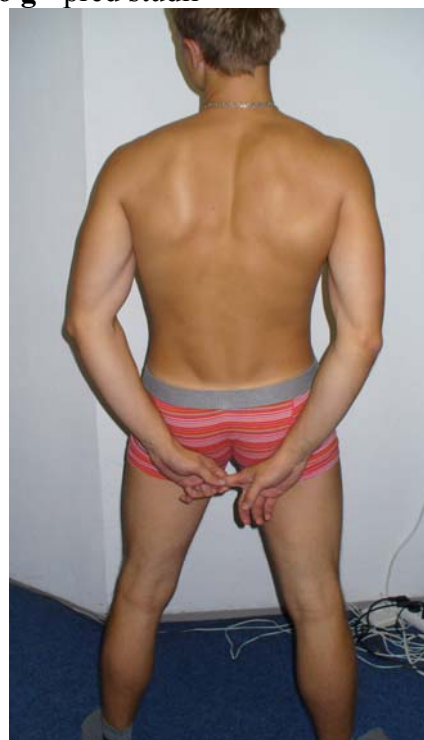
1. skupina – Cr 2 g - před studií



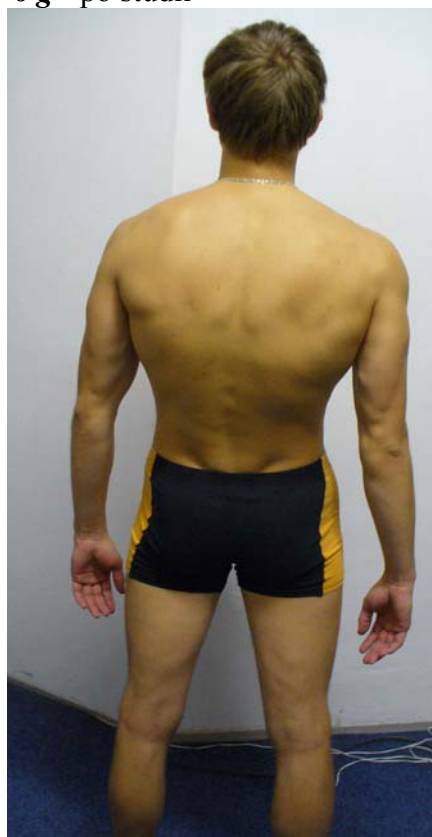
1. skupina – Cr 2 g - po studii



2. skupina – Cr 6 g - před studií



2. skupina – Cr 6 g - po studii



3. skupina – Pro - před studií



3. skupina – Pro - po studii



4. placebo skupina – CHO - před studií



4. placebo skupina – CHO - po studii



Největší přírůstek svalové hmoty – *1. skupina* – Cr 2

